

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2012

Bc. Petr Michálek

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

**Obnovitelný zdroj energie pro obytnou
budovu**

**Renewable energy source for residential
building**

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Petr Michálek

Studijní program:

N2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907T001 Elektroenergetika

Téma:

Obnovitelný zdroj energie pro obytnou budovu
Renewable energy source for residential building

Zásady pro vypracování:

1. Obnovitelné zdroje energie vhodné pro zásobování bytových objektů teplem.
2. Výpočet tepelné ztráty zvoleného objektu a potřeby tepla pro jeho vytápění a přípravu TUV.
3. Návrh zdroje tepla na bázi OZE a jeho zapojení do otopného systému.
4. Ekonomické zhodnocení - návratnost investice do daného systému vytápění a přípravy TUV.

Seznam doporučené odborné literatury:


1. Bartoš, V.: Obnovitelné zdroje energií, Grada Publishing, Praha, 2010
2. Srdečný, K.: Energeticky soběstačný dům - realita, či fikce?, Brno, 2007
3. Petráš, D.: Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie, Bratislava, 2008
4. Dufka, J.: Vytápění netradičními zdroji tepla, BEN – technická literatura, Praha, 2003.
5. Dufka J.: Vytápění domů a bytů, Grada Publishing, 2.vydání, Praha, 2004.
6. Murtinger, K.: Fotovoltaika : elektrická energie ze slunce, Praha, 2009
7. Navrátilová, J. M.: Kombinovaný systém vytápění a ohřevu teplé vody pro rodinný dům, Dip.práce, Ostrava, 2010
8. Appel, J.: Využitelnost obnovitelných zdrojů v bytovém domě, Bak.práce, Ostrava, 2011
9. Smoček, M.: Návrh vytápění rodinného domu tepelným čerpadlem, Dip.práce, Ostrava, 2011
10. Šrámek, J.: Návrh vytápění rodinného domu tepelným čerpadlem, Dip.práce, Ostrava, 2010
11. Zach, P.: Návrh vytápění rodinného domu v závislosti na ekonomice provozu, Dip.práce, Ostrava, 2009
12. "www stránky i-EKIS: <http://www.i-ekis.cz/?page=zdroje>

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

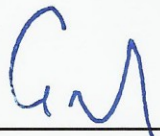
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Moldřík, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



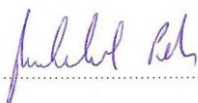

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení a poděkování

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu Ing. Moldříkovi Petrovi, Ph. D. za ochotu a pomoc při psaní této práce.

V Ostravě dne 4. 5. 2012


.....

Abstrakt

V diplomové práci je probrána problematika obnovitelných zdrojů energie a jejich využití pro bytový objekt. Obnovitelné zdroje energie budou využity pouze k vytápění a přípravě teplé užitkové vody. V úvodních kapitolách jsou v širším pohledu teoreticky zpracované vhodné obnovitelné zdroje energie. V praktické části pak následuje výpočet tepelných ztrát zvoleného objektu a potřeby tepla pro jeho vytápění a přípravu teplé užitkové vody. Návrh několika variant vytápění a ohřevu teplé užitkové vody na bázi obnovitelných zdrojů. Závěrečná kapitola se zabývá ekonomickým zhodnocením, návratností investice a výběrem nejvhodnější varianty podle multikriteriální analýzy daného systému vytápění a přípravy teplé užitkové vody.

Klíčová slova

obnovitelný zdroj energie, tepelné čerpadlo, biomasa, solární kolektory, tepelné ztráty, vytápění, příprava teplé užitkové vody, ekonomická bilance, návratnost investice.

Abstract

In the thesis it is discussed the issue of renewable energy sources and their use for household object. Renewable energy sources will be used only for heating and preparing hot water. In the introductory chapters are in the broader perspective of the theoretically processed appropriate renewable energy sources. In the practical part followed by the calculation of the thermal losses of the selected object and the needs for heat for space heating and the production of hot water. Proposal of several variants of heating and heating hot water based on renewable sources. The final chapter deals with the economic evaluation of return on investment and choose the most suitable Variant by multiobjective analysis of the heating system and the preparation of domestic hot water.

Key words

a renewable source of energy, heat pump, biofuel, thermal losses, economic balance, the return on investment

Seznam použitých symbolů a zkratek

symbol, zkratka	název	jednotka
A_i	Plocha místností	$[m^2]$
COP	Coefficient of Performance (výkonový součinitel)	
c	Měrná tepelná kapacita vody	$[J\ kg^{-1}\ K^{-1}]$
CF	Cash flow (tok peněz)	$[Kč]$
ČEZ	Český energetický závod	
ČR	Česká republika	
D	Denostupně	$[K \cdot den]$
D56d	Označení elektrické sazby	
d	Délka otopného období	$[den]$
d_s	Diskontní sazba	$[%]$
EEV	Elektronický expanzní ventil	
$E_{TČ}$	Energie pro pohon tepelného čerpadla	$[Wh]$
e	Součinitel ochrany budovy proti větru	$[-]$
e_d	Zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu	$[-]$
e_i	Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem	$[-]$
e_t	Snížení teploty v místnosti během dne respektive noci	$[-]$
HDPE	Polyetylenové trubky	
H_m	Roční potřeba paliva vztažná k výkonu zdroje	$[kg \cdot W^{-1}]$
H_v	Velikost skladového prostoru paliv vztažná k výkonu zdroje	$[m^3 \cdot W^{-1}]$
J	Stálá měsíční platba za hlavní domovní jistič	$[Kč]$
MCA	Multikriteriální analýza	
M_p	Roční spotřeba paliva	$[kg \cdot rok^{-1}]$
MCA8	Softwarová aplikace	
N	Počet pracovních dní soustavy v roce	$[den]$
N_i	Investiční náklady	$[Kč]$
n	Počet osob	$[osoby]$
NP	Provozní výdaje	$[Kč]$
N_p	Roční náklady	$[Kč \cdot rok^{-1}]$
n_p	Cena paliva	$[Kč]$
NT	Cena za 1kWh v nízkém tarifu	$[Kč \cdot kWh^{-1}]$
OZE	Obnovitelné zdroje energie	
$P_{TČ}$	Podíl tepelného výkonu k tepelným ztrátám	$[%]$
Q_b	Přirážka na sazební blokování	$[W]$
Q_c	Celková tepelná ztráta rodinného domu	$[W]$

Q_k	Výkon chlazení	[W]
Q_K	Projektovaný výkon kotle	[W]
Q_n	Přirážka na odstranění námrazy	[W]
Q_p	Tepelná ztráta prostupem	[W]
Q_r	Roční potřeba tepla na vytápění a přípravu teplé užitkové vody	[J]
Q_{rc}	Roční potřeba energie dodaná systémem vytápění	[Wh·rok ⁻¹]
Q_{rEK}	Roční potřeba energie dodaná elektrokotlem	[Wh·rok ⁻¹]
$Q_{rTČ}$	Roční potřeba energie dodaná tepelným čerpadlem	[Wh·rok ⁻¹]
$Q_{TČ}$	Teplo vyprodukované tepelným čerpadlem	[Wh]
$Q_{TČ,p}$	Tepelný výkon tepelného čerpadla s přirážkami	[W]
Q_{TUV}	Dodatečný tepelný výkon na přípravu vody	[W]
$Q_{TUV,r}$	Roční potřeba tepla na přípravu teplé užitkové vody	[J]
$Q_{TUV,d}$	Denní potřeba tepla na přípravu teplé užitkové vody	[J]
Q_v	Tepelná ztráta větráním	[W]
$Q_{vyt,r}$	Roční potřeba tepla na vytápění	[J]
q_c	Měrná tepelná ztráta objektu	[W·m ³]
q_z	Měrný výkon získaný z půdy	[W·m ²]
R	Roční úspora	[Kč]
SFŽP ČR	Státní fond životního prostředí ČR	
S_k	Plocha pro plošný kolektor	[m ²]
TČ	Tepelné čerpadlo	
TEV	Termostatický expanzní ventil	
t_e	Venkovní výpočtová teplota	[°C]
t_{em}	Střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období	[°C]
t_{es}	Průměrná roční venkovní teplota	[°C]
t_{is}	Průměrná vnitřní výpočtová teplota	[°C]
TOPSIS	(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) Metoda multikriteriální analýzy	
T_O	Prostá doba návratnosti investice	[rok]
T_S	Skutečná doba návratnosti investice	[rok]
t_{svl}	Teplota studené vody v létě	[°C]
t_{svz}	Teplota studené vody v zimě	[°C]
TUV	Teplá užitková voda	
TZB	Technické zařízení budov	
t_1	Teplota studené vody	[°C]
t_2	Teplota ohřáté vody	[°C]
V	Velikost skladových prostor paliva	[m ³]
V_A	Doporučená velikost zásobníku	[l]

V_{AZ}	Objem akumulačního zásobníku	[l]
V_{2p}	Celková potřeba teplé vody za den	[m ³ ·den ⁻¹]
V_i	Objem místnosti	[m ³]
z	Součinitel energetických ztrát systému	[-]
ε	Součinitel nesouměrnosti působení vlivů	[-]
ε_t	Topný faktor	[-]
η_K	Účinnost kotle	[%]
η_o	Účinnost obsluhy	[-]
η_r	Účinnost rozvodu vytápění	[-]
η_{50}	Počet výměn vzduchu pro celou budovu	[l·h ⁻¹]
ρ	Měrná hmotnost vody	[kg·m ⁻³]

Obsah

1. Úvod	3
2. Obnovitelné zdroje energie vhodné pro zásobování bytových objektů teplem	4
2.1. Energetická legislativa	4
2.1.1. Dotace	4
2.2. Tepelná čerpadla	5
2.2.1. Princip tepelného čerpadla	6
2.2.2. Topný faktor	7
2.2.3. Zdroje nízkopotenciálního tepla pro tepelná čerpadla	7
2.2.4. Prvky tepelného čerpadla	11
2.2.5. Provoz tepelných čerpadel	14
2.2.6. Zapojení a regulace tepelných čerpadel	16
2.2.7. Elektřina pro tepelná čerpadla	17
2.3. Biomasa	18
2.3.1. Rozdělení a získávání energie z biomasy	18
2.3.2. Spalování a zplyňování biomasy	19
2.3.3. Druhy paliv a jejich výhřevnost	19
2.3.4. Zdroje tepla	21
2.3.5. Výhody a nevýhody využití biomasy	22
2.4. Solární energie	23
2.4.1. Solární termální systémy	24
2.4.2. Rozdělení termických solárních systémů	25
2.4.3. Výběr vhodných lokalit a zásady pro dimenzování	28
3. Výpočet tepelné ztráty zvoleného objektu a potřeby tepla pro jeho vytápění a přípravu TUV	29
3.1. Popis zvoleného objektu	29
3.2. Určení tepelných ztrát	29
3.3. Stanovení potřeby tepla pro vytápění a ohřev TUV	31
3.3.1. Potřeba tepla pro vytápění	31
3.3.2. Teplo pro ohřev TUV	32
3.3.3. Celkové množství tepla pro ohřev TUV a vytápění	33
4. Návrh zdroje tepla na bázi OZE a jeho zapojení do otopného systému	34
4.1. Varianta 1 - Tepelné čerpadlo země /voda	34
4.1.1. Návrh výkonu tepelného čerpadla	34
4.1.2. Popis navrženého tepelného čerpadla	35
4.1.3. Stanovení bodu bivalence a podílu pokrytí tepla tepelným čerpadlem	36
4.1.4. Dimenzování akumulční nádrže	38
4.1.5. Dimenzování plošného kolektoru	38
4.1.6. Zapojení soustavy tepelného čerpadla	40
4.1.7. Roční náklady na vytápění a ohřev TUV	40

4.2. Varianta 2 - Tepelné čerpadlo vzduch /voda	41
4.2.1. Návrh výkonu tepelného čerpadla	41
4.2.2. Popis navrženého tepelného čerpadla	42
4.2.3. Stanovení bodu bivalence a podílu pokrytí tepla tepelným čerpadlem	43
4.2.4. Zapojení soustavy tepelného čerpadla	44
4.2.5. Roční náklady na vytápění a ohřev TUV	45
4.3. Varianta 3 - Kotel na biomasu	45
4.3.1. Návrh kotle a skladových prostor na biomasu	45
4.3.2. Popis navrženého kotle na peletky	46
4.3.3. Roční náklady na vytápění a ohřev TUV	47
5. Ekonomické zhodnocení - návratnost investice daného systému vytápění a přípravy TUV	48
5.1. Určení provozních a investičních nákladů jednotlivých variant vytápění a přípravy TUV	48
5.1.1. Varianta 1 - Tepelné čerpadlo země /voda	48
5.1.2. Varianta 2 - Tepelné čerpadlo vzduch /voda	49
5.1.3. Varianta 3 – Kotel na biomasu (peletky)	49
5.2. Návratnost investice daného systému vytápění a přípravy TUV	50
5.3. Vyhodnocení navrhovaných variant podle multikriteriální analýzy	51
6. Závěr	53
Seznam literatury a internetových zdrojů	54
Seznam obrázků	55
Seznam tabulek	55
Seznam příloh	56

1. Úvod

Jen málokdo si dokáže představit teplo domova bez jeho vytápění. Náklady na vytápění jsou stále vyšší, proto lidé hledají jiné levnější varianty, které mohou být zároveň i přínosem pro životní prostředí, pokud jsou na bázi obnovitelných zdrojů energie. Výběr typu vytápění je vždy individuální, dle potřeb majitele daného objektu, počtu osob a lokalitě umístění. „Musí být vždy ušit na míru“. Opakovat bezmyšlenkovitě totéž, co se osvědčilo někomu jinému, nemusí přinést v našem objektu dobrý výsledek. Vše se odvíjí od dokonalé přípravy. Společností, které nabízejí systémy vytápění je mnoho. Leckdy tyto firmy nabízejí kompletní vypracování návrhů na zakázku. Zákazník by měl vybírat s rozvahou, poptat se u více firem a nenechat se zlákat první relativně výhodnou nabídkou.

Cílem mé diplomové práce je seznámit se s problematikou OZE vhodných pro vytápění a přípravu TUV v obytných domech. Tuto práci jsem si zvolil, protože zvažuji stavbu vlastního rodinného domu a určitě bych chtěl využít alternativní zdroje energie, tak aby byl můj dům nízkoenergetický.

Cílem teoretické části mé diplomové práce je popsat a rozdělit obnovitelné zdroje energie pro obytné objekty. V teoretické části se zabývám tepelnými čerpadly, biomasou a solární energií.

V praktické části pak následuje výpočet tepelných ztrát zvoleného objektu softwarovou aplikací TechCON, výpočty potřeby tepla pro jeho vytápění a přípravu teplé užitkové vody. V další kapitole navrhuji několik variant vytápění a ohřevu teplé užitkové vody na bázi obnovitelných zdrojů. Varianty s návrhy obsahují popis dimenzování zdroje, technický popis navržených zdrojů a jejich provozní spotřebu energií. V poslední kapitole se zabývám ekonomickým zhodnocením, návratností investice a výběrem nejvhodnější varianty podle multikriteriální analýzy daného systému vytápění a přípravy teplé užitkové vody.

Závěr práce obsahuje celkové zhodnocení a v seznamech jsou uvedeny jednotlivé obrázky, tabulky a přílohy.

2. Obnovitelné zdroje energie vhodné pro zásobování bytových objektů teplem

2.1. Energetická legislativa

Energetická legislativa je soubor právních předpisů upravujících oblast energetiky, v oblasti obnovitelných zdrojů energie jsou důležité následující právní předpisy v eko energetice [1]:

- **Směrnice 2010/30/EU**

Směrnice o uvádění spotřeby energie a jiných zdrojů na energetických štítcích výrobků spojených se spotřebou energie a v normalizovaných informacích o výrobku.

- **Zákon o hospodaření energií (zákon č. 406/2000 Sb.)**

Povinnosti fyzických a právnických osob, organizačních složek státu, krajů, obcí, příspěvkových organizací a vlastníků a provozovatelů budov při hospodaření s energií.

- **Zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie (zákon č. 180/2005 Sb.)**

Vymezuje oblasti podpory OZE. Upravuje práva a povinnosti subjektů na trhu s elektřinou z obnovitelných zdrojů a podmínky podpory výkupu a evidence výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů.

Definice podle zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů: „*Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.*“ [2]

Účelem tohoto zákona je v zájmu ochrany klimatu a ochrany životního prostředí podpořit využití OZE, zajistit trvalé zvyšování podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě primárních energetických zdrojů, přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti, vytvořit podmínky pro naplnění indikativního cíle podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny v České republice ve výši 8 % k roku 2010 a vytvořit podmínky pro další zvyšování tohoto podílu po roce 2010. [3]

Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů zpracovaný červenci 2010 navrhuje cíl podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie ve výši 13,5 % v roce 2020. [4]

2.1.1. Dotace

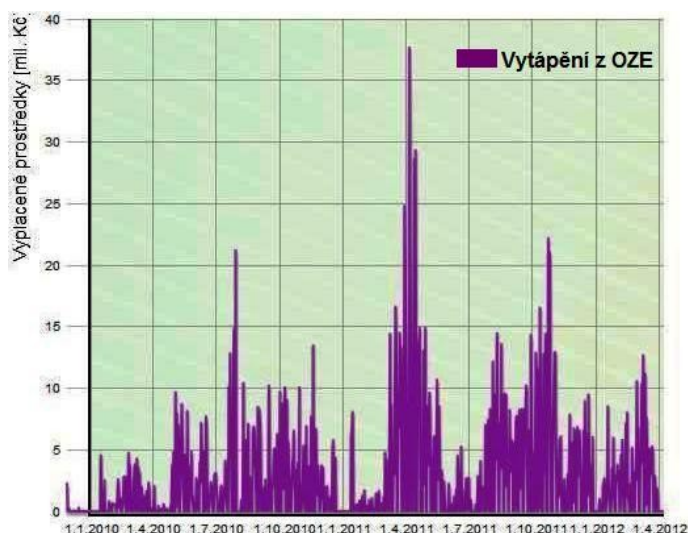
V rámci dotačního programu ministerstva životního prostředí Zelená úsporám lze získat dotace v oblasti podpory „C, *Využití obnovitelných zdrojů energie pro vytápění a přípravu teplé vody*“ na instalaci zařízení, které dokáže vytvářet tepelnou energii z obnovitelných zdrojů energie. Mezi tato

zařízení patří tepelná čerpadla, nízkoemisní zdroje na biomasu a solárně-termické kolektory. Tento program nejen podporuje instalaci zařízení v novostavbách ale také výměnu starých neekologických kotlů ve stávajících objektech.

Dotace mohou být čerpány od 22. dubna 2009 až do 31. prosince 2012 nebo do vyčerpání prostředků. Podporu je možné udělit na zařízení instalovaná v rodinných a bytových domech, nikoli v objektech průmyslových nebo určených k individuální rekreaci.

Vzhledem k výraznému růstu počtu žádostí byl program Zelená úsporám od konce října 2010 pozastaven. Hlavním důvodem s tím souvisejícím byla potřeba vyhodnotit správnost všech do té doby podaných žádostí a zjistit částku disponibilních prostředků. Ke dni 10. dubna 2012 bylo v rámci programu Zelená úsporám doposud vyplaceno 12 866 791 263 Kč.

V současné době začal Státní fond životního prostředí ČR od 1. dubna přijímat k další administraci žádosti A, B a C v kombinaci o dotaci z programu Zelená úsporám, které žadatelé předložili na krajském pracovišti SFŽP ČR ke kontrole před 29. říjnem 2010. Jedná se o žádosti, které mají u sebe žadatelé v zalepené obálce, s razítkem SFŽP ČR. Nejde o příjem nových žádostí [5].



Obr. 1 Vyplacené dotace v programu Zelená úsporám v oblasti podpory vytápění OZE [6]

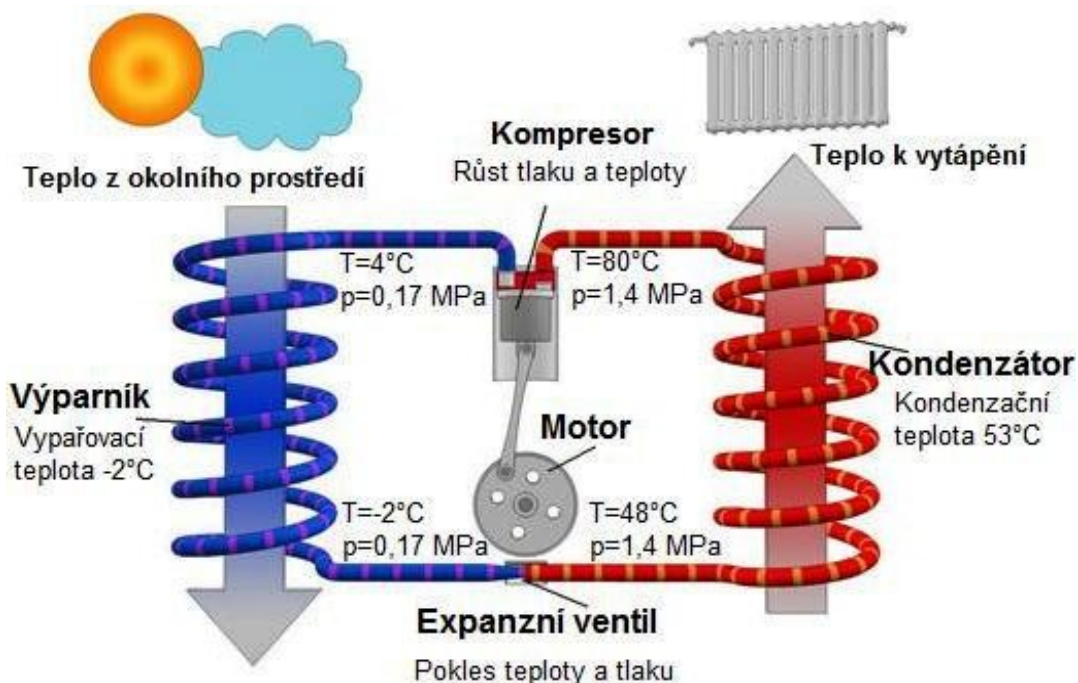
2.2. Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla (dále jen TČ) jsou zařízení, která cíleně přečerpávají tepelnou energii o nízké teplotě z vnějšího zdroje tepla a předávají ji do navazujících tepelných systémů s vyšší využitelnou teplotní hladinou. TČ patří do skupiny obnovitelných zdrojů energie, protože jako nízkopotenciální zdroje tepla využívají energii okolního prostředí (země, vzduch, voda), která má svůj původ ve slunečním záření a geotermální energii. TČ jsou v ČR stále oblíbenějším zdrojem tepla, z důvodů nízkých provozních nákladů, komfortní obsluhy a ekologie. Počet uživatelů se každoročně zvyšuje (viz. Příloha 1).

2.2.1. Princip tepelného čerpadla

TČ je zařízení, využívající shodný princip s obrácenou funkcí kompresorové chladničky. Tento princip je znám již od poloviny 19. století a léta se využívá v chladicích zařízeních. Chladnička odebírá teplo potravinám v ní uloženým a předává ho kondenzátorem na své zadní straně do místnosti kde je umístěná. Naopak je tomu v případě TČ, kde je úkolem předávat teplo vytápěnému prostředí a odjímat tepelnou energii přírodním zdrojům.

V TČ probíhají čtyři pracovní procesy, vypařování, komprese, kondenzace a expanze. Primární okruh zabezpečuje odběr nízkopotenciální energie z přírodního zdroje tepla pomocí nemrznoucí směsi a předává jí do výparníku. Ve výparníku dochází k procesu vypařování pracovní látky, která přivedla nízkopotenciální teplo z přírodního zdroje a vzniklé páry chladiva jsou nasávány kompresorem. Nasáté páry chladiva jsou následně kompresorem stlačeny, uplatní se zde fyzikální princip komprese, kdy se při vyšším tlaku zvyšuje teplota nemrznoucí směsi, stlačené páry se tak zahřejí na vyšší teplotní hladinu cca 80°C. Zahřáté chladivo je vedeno do kondenzátoru, kde dochází ke kondenzaci tedy změně stavu pracovní látky z plynné na kapalnou a předání tepelné energie sekundárnímu okruhu. Sekundární okruh představuje otopná soustava odebírající tepelný výkon z kondenzátoru. Otopný systém může být nejen teplovodní ale také teplovzdušný. Dalším pracovním dějem je proces expanze v škrtkovém ventilu, pracovní látka je vstřikována do výparníku, dochází k poklesu tlaku, následkem je prudké ochlazení a pracovní médium je opět připraveno přejímat teplo z primárního okruhu ve výparníku. Celý kontinuální proces je znázorněn na Obr. 2.



Obr. 2 Funkční schéma tepelného čerpadla [23]

2.2.2. Topný faktor

Topný faktor je hlavním parametrem TČ. Pro topný faktor se užívá anglické zkratky COP. Toto bezrozměrové číslo je ukazatelem efektivity TČ, vyjadřuje poměr dodaného tepla otopné soustavě k množství spotřebované elektrické energií.

$$\varepsilon_t = \frac{Q_{TČ}}{E_{TČ}} \quad [-; kWh, kWh] \quad (2.1)$$

kde: $Q_{TČ}$ = Teplo vyprodukované TČ (předaný výkon) [kWh]

$E_{TČ}$ = Energie pro pohon TČ (dodaný elektrický výkon) [kWh]

Topný faktor TČ se v praxi pohybuje od 2,5 do 5. Čím je COP vyšší, tím je provoz jednotlivých TČ ekonomicky efektivnější. Hodnota COP není stálá, mění se během roku v závislosti na vstupní teplotě zdroje, výstupní teplotě z TČ, typu kompresoru a dalších konstrukčních faktorech daných výrobcem. Výrobci TČ obvykle udávají hodnotu COP při konkrétních teplotách vstupního a výstupního média podle metodiky udávané normou EN 14 511 aby bylo možno tato TČ mezi sebou objektivně porovnat. Hodnoty topného faktoru se uvádějí například takto: COP při 0/35 je 4,7. Tento údaj znamená, že na vstupu primárního okruhu je pracovní médium o teplotě 0 °C a na výstupu do otopného systému má pracovní médium teplotu 35 °C. Do hodnoty celkové energetické bilance je nutno také zahrnout spotřebu elektřiny pro elektrokotel, regulaci, oběhová čerpadla (TČ země/voda) a ventilátory (TČ vzduch/voda).

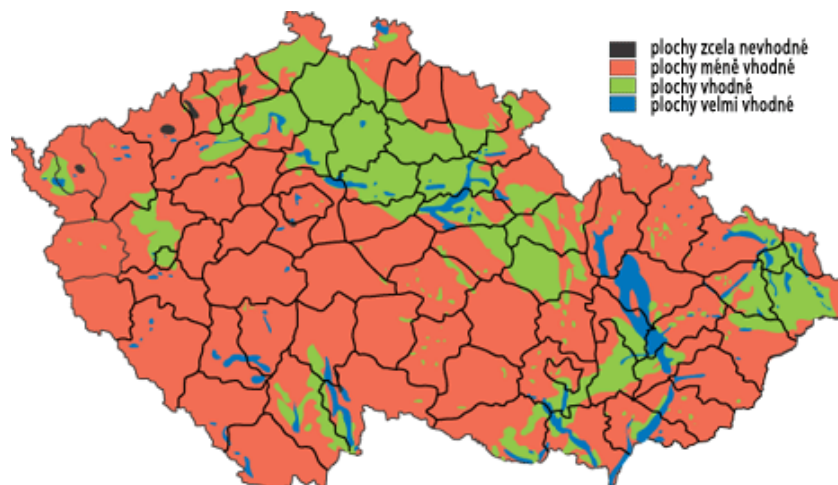
COP TČ země/voda je během celého roku vysoký. I při mrazech dosahuje hodnot až 4,8. COP TČ vzduch/voda během roku značně kolísá podle venkovní teploty. Při 10°C, může dosahovat stejně vysokých hodnot jako TČ země/voda, ale při nižších teplotách klesá na hodnoty 2,9 (při -7°C) nebo 2 (při -15°C).

2.2.3. Zdroje nízkopotenciálního tepla pro tepelná čerpadla

Zdrojem obnovitelné energie k čerpání nízkopotenciálního tepla z okolního prostředí pro TČ jsou zemský masív, vodní plochy a okolní vzduch nebo odpadní tepelná energie z vody a vzduchu.

- **Země**

TČ využívající geotermální energie uložené v horninách (hlubinné vrty) nebo naakumulované sluneční energie v horních vrstvách zeminy (půdní kolektory) jsou v ČR zatím nejrozšířenější. Situaci lokalit s nejvyšší hustotou zemského tepla v ČR přehledně ukazuje Obr. 3.



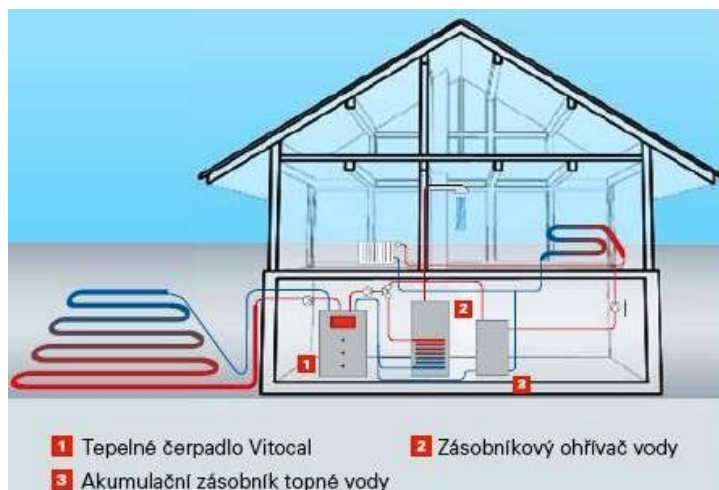
Obr. 3 Potenciál využití geotermální energie v ČR [7]

Provoz TČ jejichž tepelným zdrojem je země, bývá hodnocen jako nejstabilnější vzhledem k venkovním klimatickým podmínkám. Půda od hloubky cca 80-100 cm nepromrzá a udržuje si po celý rok stálou teplotu kolem 4°C. V případě zemních vrtů je přínosem rostoucí teplota s rostoucí hloubkou, každých 30m se zvýší teplota v průměru o 1°C. Dalšími výhodami je jejich nízká hlučnost, poměrně dlouhá životnost a univerzálnost celého systému. Univerzálnost spočívá ve správném užívání půdního kolektoru, nebo vrtu, kdy TČ odebírá odpadní teplo z vytápěného objektu a tím ho v letním období ochlazuje, zároveň tím chráníme zeminu v okolí vrtu před vymražením. Nevýhodou jsou naopak vyšší investiční náklady, kdy velká část ceny je na vyhloubení vrtu nebo rozsáhlé zemní práce, spojené s instalací plošných kolektorů. Tyto stavební úpravy terénu u objektu jsou mnohdy problémem z hlediska přístupnosti techniky. Součástí TČ je zpravidla bivalentní zdroj tepla, ten se při nízkých teplotách automaticky uvede do provozu a pomáhá TČ zajistit požadovanou teplotu otopné vody.

Podle použité technologie primárního okruhu je rozdělujeme:

- **TČ s zemním kolektorem**

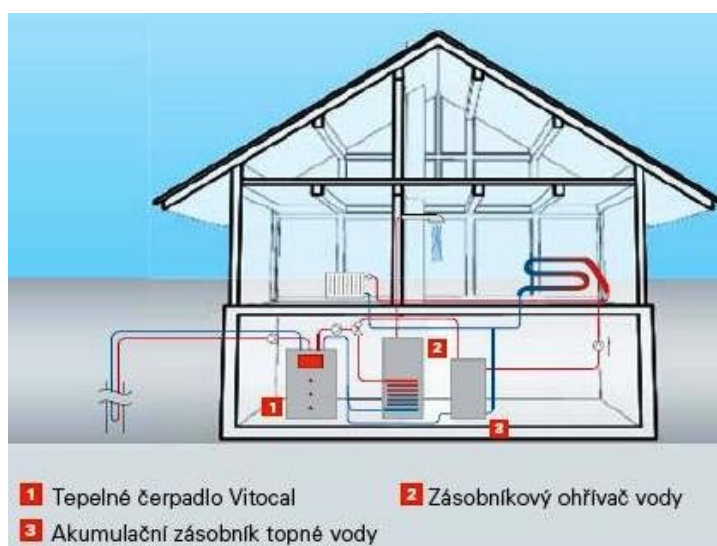
Tyto TČ jsou vhodné pro objekty s dostatečně velkým pozemkem. Půda předává teplo nemrznoucí směsi cirkulující v půdním kolektoru. Ten se zhotovuje z termoplastového potrubí a ukládá se na souvisle odkrytou plochu poblíž objektu v hloubce 1,5 až 2 m s roztečí nejméně 0,6 m od sebe. Další možností je použít kolektoru typu slinky, který je tvořen smyčkami potrubí, které vzniknou roztažením svinutého kola hadice. Slinky jsou vhodné tam, kde není potřebný prostor pro pokládku zemního kolektoru. Velikost zemní plochy pro kolektor by měla být nejméně trojnásobně větší než vytápěný prostor v objektu. Na 1 kW výkonu TČ je potřeba 5 až 8 m délky výkopu, podle typu zeminy. Zemní plocha nad kolektorem, by neměla být zastíněná, zastavěná ani jinak ovlivněná, jelikož se teplo v půdě akumuluje z dešťové vody a slunečního záření. Rovněž by se zde neměly vysazovat vyšší stromy, které by mohly svými kořeny poškodit kolektor. Také je potřeba počítat s tím, že půdní kolektor ochladí okolní zeminu, proto zde bude déle držet sníh. Výhodou je již zmiňovaná stabilní teplota zdroje tepla v průběhu otopného období, vyšší průměrný topný faktor, nízká hlučnost a delší životnost.



Obr. 4 Tepelné čerpadlo půdní kolektor-voda [9]

▪ TČ s hlubinným vrtem

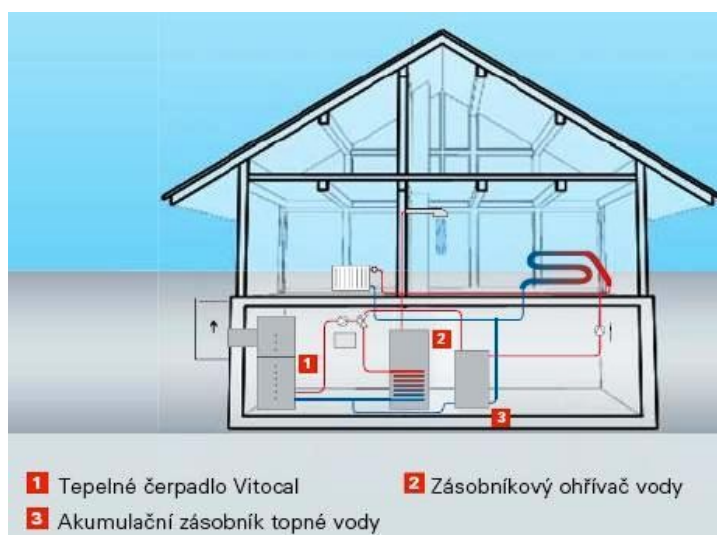
Tento systém je vhodný tam, kde není dostatečně velká plocha pro půdní kolektor, podmínkou je ovšem vhodný geologický podklad. Geotermální vrty se upřednostňují v pevné zemině, která nevyžaduje pažení. Podle tepelné vodivosti podloží se provádí jeden nebo více vrtů o hloubce 80 až 150 m nejméně 10 m od sebe. Ve vrtu o průměru 12 až 16 cm je uložena termoplastová sonda naplněná nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a TČ. Vrtů můžeme situovat i pod stavbou, jde-li o novostavbu. Doporučuje se použít dva okruhy pro chladivo z důvodu náročných oprav v případě poškození jednoho okruhu. Na 1 kW výkonu TČ je potřeba 12 až 18 m hloubky vrtu, podle geologických podmínek. TČ se výkonově pohybují od 6 do 25 kW, při kaskádovém zapojení i 100 a více kW. Výhody jsou totožné jako u TČ s půdním kolektorem. Nevýhodou oproti TČ s plošným kolektorem je náročnější administrativa. Pro hlubinné vrty je nutno vyřídit stavební povolení vrtu a hydrogeologický posudek.



Obr. 5 Tepelné čerpadlo hlubinný vrt-voda [9]

- **Vzduch**

TČ využívající venkovní případně odpadní vzduch z vnitřních prostor budov jako zdroje tepla patří mezi nejrozšířenější. Venkovní vzduch je neomezeně dostupný. TČ jsou vhodné tam kde je vyšší průměrná teplota vzduchu v topné sezóně ($4,5^{\circ}\text{C}$), například ve městech, kde má vzduch vyšší teplotu než na venkově vlivem ohřívání z vyhřátých ploch domů, cest apod. Výhodnější je odebírat teplo vypouštěné v rámci rekuperační větrací jednotky z vnitřního vzduchu budovy a předávat ho do topné vody. Tento vzduch je podstatně teplejší než venkovní, proto má podstatně vyšší COP. Vzduchová TČ jsou nejméně náročná na investice, není potřeba provádět hlubinné vrty a případné zemní práce. Jejich instalace je snadná a velmi rychlá. Primární okruh je tvořen výměníkem a výkonným ventilátorem. Vyšší hluk pomaloběžného ventilátoru šířící se do blízkého okolí je nevýhodou těchto TČ. Další nevýhodou je tvořící se námraza ve venkovním výměníku. Energie spotřebovaná na její odtávání může výrazně zhoršit celkový COP a tím zvýšit provozní náklady. Vzduchová TČ jsou schopná efektivně pracovat i pod bodem mrazu. Po dosažení bodu bivalence (-5°C až 0°C) je nutné zapnout záložní topný zdroj. Naopak v letních měsících můžeme TČ využívat s vysokou efektivitou pro přípravu TUV nebo ohřev vody v bazénech, kdy TČ může dosahovat vysokého COP (> 5).



Obr. 6 Tepelné čerpadlo venkovní vzduch/voda [9]

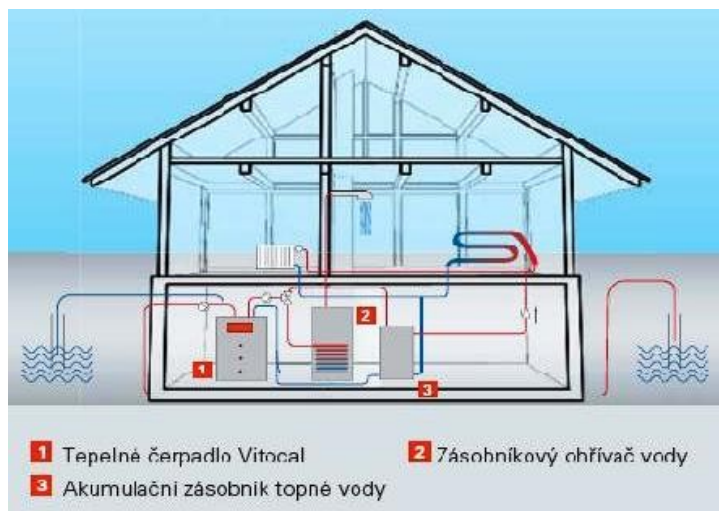
- **Voda**

TČ využívající vodu jako zdroje nízkopotenciálního tepla dosahují velmi vysokých hodnot COP, průměrně kolem 6. Jejich nevýhodou je nedostatek vhodných lokalit jejich instalaci, vhodná kvalita a čistota vody. Instalace primárních okruhů TČ s využití spodní/povrchové vody podléhá úřednímu schválení vodohospodářskou správou. Podle místa výskytu vod se TČ rozdělují:

- **Podzemní voda**

Je nejteplejším přírodním zdrojem tepla s celoročně stálou teplotou kolem 10°C . TČ tohoto typu potřebují z technického hlediska dvě studny. První zdrojovou, která je zdrojem nízkopotenciálního tepla a druhou vsakovací, kde se ochlazená voda vrací zpět do zeminy. Pro zajištění potřebného

výkonu na primární straně TČ je nutná dostatečná vydatnost pramene zdrojové studny v a trvalý průtok. Pro vytápění běžných objektů je požadováno alespoň $0,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Vsakovací studna musí být schopna pojmout stejné množství vody. Vlastní hloubka studní je závislá na hladině spodní vody, z ekonomického hlediska se nedoporučuje čerpání vody z hloubky větší než 15 m. Vzájemná vzdálenost mezi oběma studnami by měla být alespoň 15 m, aby nedocházelo k prochlazení spodních vod. Pořizovací náklady jsou nižší ve srovnání s vrty, ale provozní náklady jsou díky potřebě čerpání vody ze zdrojové studny vyšší.



Obr. 7 Tepelné čerpadlo podzemní voda-voda [9]

▪ Povrchová voda

Řeky, rybníky a jiné vodní plochy musí splňovat stejné požadavky jako voda podzemní. Problémem je čistota a kolísání teploty vody v povrchových tocích. V přehradách a velkých vodních plochách s vysokou akumulací je kolísání teplot minimální. Vhodné jsou trvale tekoucí vody, naopak malé zamrzající potoky využívat nelze. Primární okruh je tvořen plastovým kolektorem s nemrznoucí směsí, umístěným přímo ve vodě nebo zapuštěným do břehu vždy tak, aby nedošlo k zamrznutí. Teoreticky je také možné vodu přivádět potrubím přímo k TČ a ochlazenou vypouštět zpět.

2.2.4. Prvky tepelného čerpadla

• Výměník - Výparník

Výparník slouží k odebrání tepla z okolního prostředí vypařením chladiva. Konstrukčně musí odolávat působení použité chladicí kapaliny z hlediska tlaků, chemického a korozivního působení. Pro TČ jsou užívány tři druhy výměníků:

- **Výparník spojený s TČ**

Spojení výměníku s TČ je obvykle z výroby. Výparník je vytvořen z měděných trubek naplněných kapalinou. Je určen pro uložení do země, hlubinného vrtu nebo ponoření do vody. Délka trubek uzavřené smyčky se nedá měnit.

- **Deskový výparník**

Zpravidla je uspořádán protiproudově, kdy chladiva proudí v protisměru. Toto uspořádání nejlépe využívá teplotní spád a tím umožňuje dosažení nejvyšší teploty ohřívaného chladiva nebo nejnižší teploty ochlazovaného chladiva, s účinností 70 – 90%.

- **Trubkový výparník**

Skládá se nejčastěji z měděných trubek s nalisovanými lamelami. Tyto výparníky jsou zabudovány přímo v TČ, slouží pro přívod tepla vzduchem, který je přiveden k TČ vzduchotechnikou z teplého prostoru.

- **Kompresor**

Kompresor je nejdůležitějším a nejdražším prvkem, a proto se od jeho životnosti zpravidla odvíjí i životnost celého TČ. Hlavními požadavky na kompresor jsou schopnost práce v požadovaném rozsahu tlaků a teplot, provozní spolehlivost, dlouhodobá životnost a minimální údržba.

U TČ se nejčastěji setkáme se čtyřmi typy kompresorů:

- **Pístové**

Tento nejstarší typ dosahuje horších hodnot COP, jsou mírně hlučnější a jejich cena je nižší. Životnost pístového kompresoru se pohybuje okolo 15 let.

- **Spirálové (SCROLL)**

V současnosti je to nejpoužívanější typ pro běžné aplikace TČ, jsou sice dražší, ovšem dosahují vyšších hodnot COP. Jejich hermetické utěsnění zabezpečuje bezúdržbový provoz a vyšší životnost, která se udává na 80 až 100 tisíc provozních hodin, to znamená cca 20 let. Výhodou je rovněž nižší hlučnost zařízení.



Obr. 8 Princip funkce kompresoru SCROLL

Princip komprese Scroll je znázorněn na Obr. č. 8. Základem jsou dvě spirály uložené proti sobě, jedna je pevná a druhá pohyblivá. Po nasátí chladiva v plynné formě mezi spirály dojde k jejich uzavření. Pohyblivá spirála se uvede do extrenrického pohybu v pevné spirále elektromotorem. Tím se mezi nimi vytvoří vzduchová kapsa, která se pohybuje od obvodu směrem ke středu a pořád se

zmenšuje. Chladivo se tak stlačuje na vyšší tlak a teplotu. Chladivo je vyfukováno otvorem ve středu spirály směrem do výměníku. Plynulý proces ve skutečnosti zajišťuje šest vzduchových kapes mezi spirálami.

- **Rotační**

S tímto typem se setkáváme jen zřídka. TČ mají nízký COP, jsou vhodné pro menší výkony, například v klimatizačních jednotkách.

- **Šroubové**

Použití tohoto typu je vhodné zejména tam, kde je zapotřebí vysokých výkonů. TČ dosahují vysokých hodnot COP, proto je vysoká i jejich cena.

- **Výměník - Kondenzátor**

V kondenzátoru je odevzdáváno teplo zkapalňováním pracovního média. Konstrukce výměníku musí trvale odolávat kolísání tlaků média v rozsahu 0–2,5 MPa. Dříve byly používány hlavně pro chlazení vzduchem trubkové výměníky, na které byly navlečeny lamely zvětšující jejich teplosměnnou plochu. Účinnější a dnes používanější jsou deskové výměníky, které mohou být v uzavřeném provedení, pájené nebo rozebíratelné. Protiproudé uspořádání kanálů deskového výměníku zajišťuje dostatečnou turbulenci proudění a tím je dosaženo vysokých přestupů tepla a efektivní využití teplotního rozdílu mezi chladivem a vodou topného systému. Jejich nevýhodou je větší hydraulický odpor a potřeba čistoty pracovních médií. Deskové výměníky se vyrábí převážně z nerezových plechů. Potřebného výkonu dosáhneme větším počtem teplosměnných vrstev. Podle potřeby lze výkon upravit přidáním nebo odebráním lisovaných desek.

- **Expanzní ventil**

Expanzní ventil je hlavní regulační součást TČ. Pracuje jako škrtící prvek, který snižuje vysoký kondenzační tlak na nízký odpařovací a reguluje množství chladiva vstřikovaného do výparníku, a tím i optimální chod TČ. Zároveň znemožňuje nasátí kapalného chladiva kompresorem. Správné nastavení expanzního ventilu zaručuje vyváženost systému TČ.

- **Termostatický expanzní ventil (TEV)**

Má mechanické otevírání nebo uzavírání řízené na základě měření teploty pomocí kapiláry na výstupní straně výparníku. Nevýhodou jsou velké rozdíly teplot mezi vstupem a výstupem výparníku, proto se v dnešní době dává přednost elektrickým expanzním ventilům.

- **Elektronický expanzní ventil (EEV)**

Reguluje průtok chladiva v závislosti na základě měření teplot a tlaku elektronickými čidly. EEV umožňuje maximální využití výparníku pro odpaření chladiva a zvyšuje se tak topný výkon a COP TČ. Rozsáhlý provoz při různých diferenčních tlacích a přesnost řízení poskytuje významnou úsporu energie. Mezi další výhody patří vyšší spolehlivost, delší životnost díky menší zátěži na kompresor, podstatně nižší hlučnost, usnadnění automatickým samonastavením při uvedení do provozu a jednodušší servis zařízení při odstraňování vniklých problémů.

- **Chladivo**

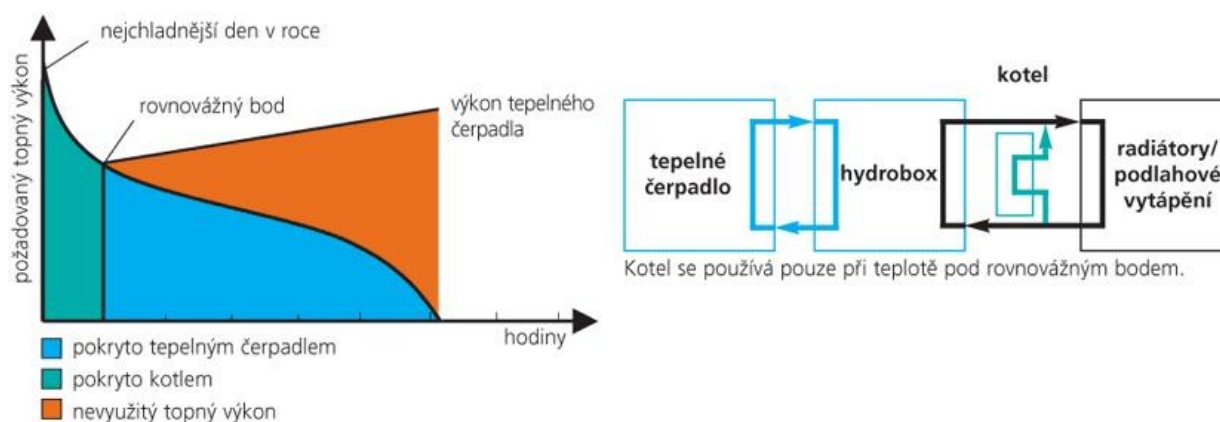
U kompresorových chladících okruhů je chladivem médium, které cirkuluje uvnitř okruhu, které teplo přijímá nebo vydává. Ideální chladivo musí mít dobré termodynamické vlastnosti, pro použití v praxi, musí být bezpečné, ekologické a provozně ekonomické. Požadovanými termodynamickými vlastnostmi jsou nízká teplota varu, vysoké výparné teplo, nízká hustota v kapalně formě, relativně vysoká hustota v plynné formě a vysoká kritická teplota. Korozní vlastnosti jsou věcí materiálové kompatibility se součástmi použitými v kompresoru, potrubí, výparníku a kondenzátoru. Dnes se jako pracovní médium obvykle používají chladiva s označením R 407 C, R 410 A a R 134a, která neobsahují freony, nejsou toxická, jsou biologicky odbouratelná a nehořlavá.

2.2.5. Provoz tepelných čerpadel

Pokrytí celé spotřeby TČ mění se s teplotou během roku je velmi neekonomické. K tomuto pokrytí je potřeba výkonnějších TČ, hlubších vrtů, delších plošných kolektorů nebo větší vydatnost zdroje vody, které výrazně zvyšují pořizovací náklady. Převážnou část otopného období se potřebuje topný výkon menší než výpočtový. Počet dní s venkovní teplotou pod bodem bivalence je v našich podmínkách v jednom roce průměrně 20. Rozeznáváme tři provozní stavy TČ:

- **Bivalentní provoz tepelného čerpadla**

TČ se dimenzuje se sníženým výkonem a výkonové špičky pokrývá záložní tepelné zdroje, zpravidla elektrokotel. Tento zdroj slouží rovněž jako záloha v případě poruchy nebo výpadku TČ. Jako další bivalentní zdroje lze použít krby nebo jiné interiérové topidla, které nemusí být napojeny na otopný systém. Systém pak pracuje v bivalentním provozu, kdy při poklesu venkovní teploty pod bod bivalence TČ spolupracuje s náhradním zdrojem. Doplnkový zdroj pracuje většinou paralelně s TČ (paralelní bivalentní provoz), někdy i samostatně (alternativní bivalentní provoz). Nevýhodou je, že s elektrokotlem se zvyšuje dimenzování elektrické přípojky. Instalovaný tepelný výkon TČ je v tomto provozu nižší než je maximální potřebný (obvykle 50 - 75 %). U správně navrženého systému záložní zdroj dodává pouze 5–10 % celkové roční spotřeby tepla.

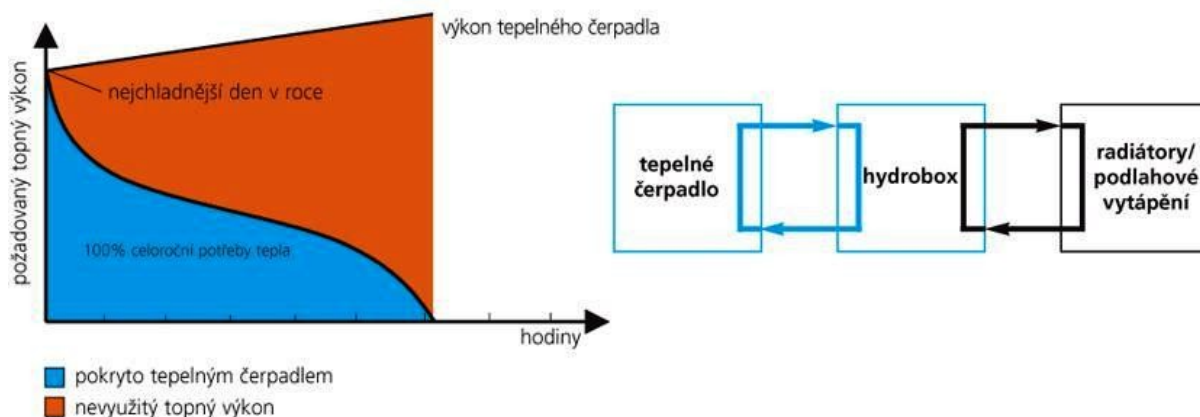


Obr. 9 Graf a schéma tepelného čerpadla v bivalentním provozu [8]

- **Monovalentní provoz tepelného čerpadla**

Tento provoz je možné navrhnout u moderních, dobře izolovaných rodinných domů s tepelnou ztrátou do 10 kW. TČ je jediný zdroj tepla pokrývající potřebné teplo objektu i při nejnižších venkovních teplotách (cca -15 až -20 °C), proto je zapotřebí výrazně zvýšit výkon TČ a to minimálně o cca 50% oproti bivalentnímu provozu. Monovalentní provoz je vhodný pro nízkoteplotní vytápění s teplotou topné vody do 60 °C.

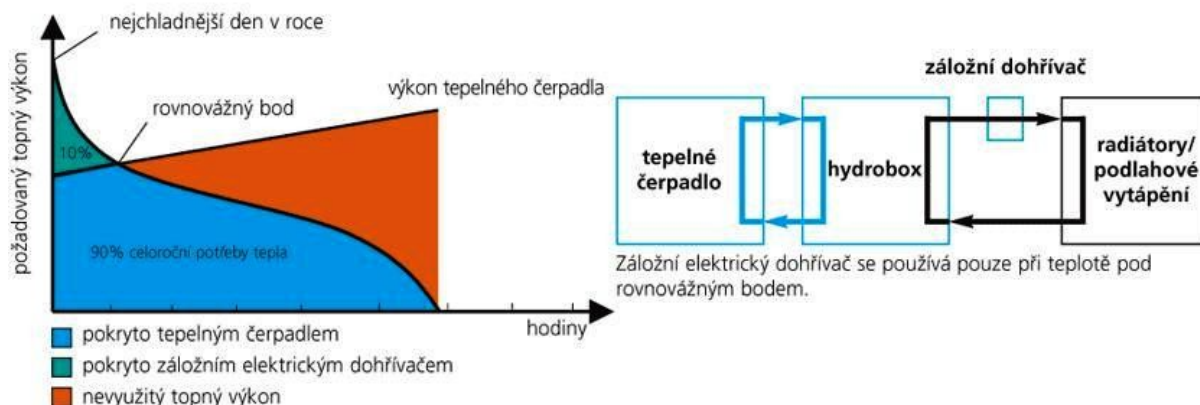
Z technických a ekonomických důvodů se tento provozní režim používá především u TČ typu země/voda nebo voda/voda.



Obr. 10 Graf a schéma tepelného čerpadla v monovalentním provozu [8]

- **Monoenergetický provoz tepelného čerpadla**

V tomto provozu se do sekundárního okruhu připojuje malý záložní elektrický dohříváč, který slouží pro pokrytí špiček potřeby tepla v nejchladnějších dnech v roce. Monoenergetickým provozem se snižují náklady na realizaci nízkoteplotního zdroje, avšak provozní náklady jsou o něco vyšší, protože v extrémně chladných dnech je elektrická energie více využívána. I když je TČ dimenzováno na 50 až 75 % celkové tepelné zátěže objektu, pokrývá celkovou potřebu tepla v případě paralelního chodu z 90 až 95 %. Zbýlých 5 až 15 % náleží dohříváči. Tento provoz má neoptimálnější poměr mezi investičními a provozními náklady ze všech provozů.



Obr. 11 Graf a schéma tepelného čerpadla v monoenergetickém provozu [8]

2.2.6. Zapojení a regulace tepelných čerpadel

- **Zapojení tepelných čerpadel [10]**

Pro úsporný provoz je nutné TČ správně připojit k topnému systému a ohřevu teplé vody. Mnoho dodavatelů zapojuje TČ tak aby dobře topila, ale díky neznalosti základních principů, už nejsou schopni je zapojit tak aby měla i malou spotřebu elektrické energie, což velmi ovlivňuje COP.

- **Špatné zapojení se směšovacím ventilem**

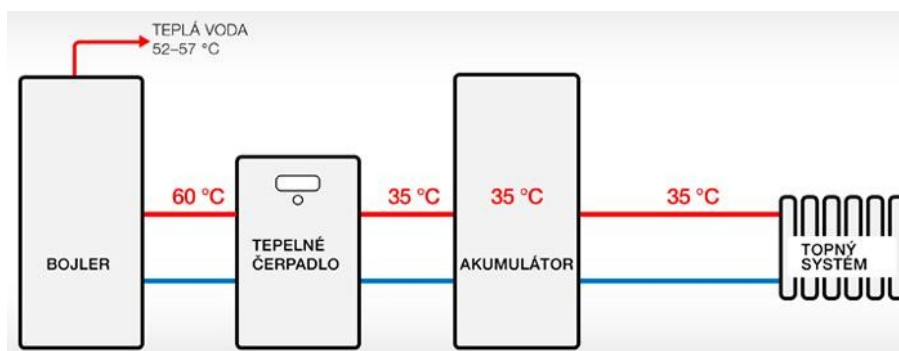
Obvykle je použit akumulční zásobník, do kterého je připojen i krb nebo solární kolektory. Tímto zapojením snadno zkažíte COP i u hodně dobrého TČ, které pak bude topit hůře. TČ celoročně ohřívá vodu v akumulčním zásobníku na 55°C i když to pro topný systém není potřebné. TČ tedy pracuje 85% času v horším provozním režimu a tudíž s vyšší spotřebou elektřiny, než by mohlo. I když je využita ekvitermní regulace pro trojcestný ventil, žádné úspory při tomto zapojení nepřináší.

- **Špatné zapojení s bojlerem**

Akumulátor s výměníkem se vytápí podle ekvitermní teploty, takže v režimu vytápění je spotřeba elektřiny nízká. Teplá voda v akumulátoru se ale pouze předehtívá na nízké teploty a musí se pak dohřívat v elektrickém bojleru.

- **Správné zapojení**

Zapojení je s akumulátorem bez výměníku a vytápí se podle ekvitermní teploty. Zapojení je rovněž bez směšovacího ventilu. Teplá voda je ohřívána v samostatném zásobníku, teplotně odděleném od topného systému. TČ topí buď do topného systému, nebo do zásobníku a to s různou výstupní teplotou. Tak je dosaženo nejlepšího možného COP jak při vytápění, tak při ohřevu teplé vody. „Prioritou TČ není topit, ale topit úsporně“.



Obr. 12 Správné zapojení tepelného čerpadla [10]

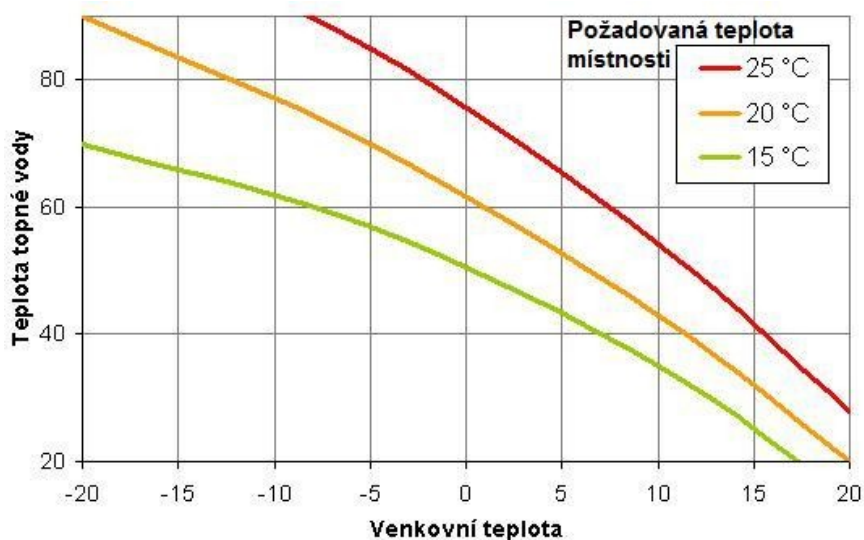
- **Regulace tepelných čerpadel**

Pro TČ jsou nejčastěji užívány ekvitermní regulátory, která regulují topný systém v závislosti na venkovní teplotě. Pro jednotlivé místnosti lze stanovit soustavu tzv. ekvitermních křivek (obr. 13), které znázorňují vzájemné závislosti teploty topné vody, místnosti a venkovní teploty. Nastavená teplota vody v topném okruhu se kontroluje pomocí čidel. Venkovní čidlo se instaluje na severní nebo

severovýchodní stěnu za vytápěnou místností, 2,5 metru od podlahy a 1 metr bočně od oken a dveří. Venkovní čidlo je nutno chránit před povětrnostními vlivy a slunečním zářením. Ponorné čidlo se instaluje v jímce akumulčního zásobníku. Pokud zásobník není použit, musí být čidlo vratné vody nainstalováno v potrubí vratné vody TČ. Dnes je možno ovládat regulační systémy TČ dálkově přes internet, ethernet atd.

Hlavní důvody pro aplikaci ekvitermní regulace:

- Vyšší tepelná pohoda z důvodu stability teplot v místnosti.
- Levnější provoz TČ, teplou vodu není potřeba ohřívat na maximum ale pouze na teplotu, která je dostačující k ohřátí místnosti na požadovanou teplotu v závislosti na venkovní teplotě.



Obr. 13 Ekvitermní křivky pro různé teploty v jedné místnosti [11]

Příklad topných křivek pro určitou místnost. Z obr. 13 je patrné, že při venkovní teplotě 0 °C a požadované teplotě místnosti 25 °C je nutné dodávat topnou vodu o teplotě větší než 70 °C.

2.2.7. Elektřina pro tepelná čerpadla

Díky TČ můžeme získat zvýhodněnou sazbu D56d pro odběr elektrické energie. Sazba D56d je dvoutarifová speciálně určená pro objekty a domácnosti vytápěné TČ, uvedenými do provozu od 1. 4. 2005. Produkt je určen pro odběrná místa za podmínky řádné instalace a užívání systému vytápění s TČ, jehož výkon odpovídá tepelným ztrátám vytápěného objektu. Sazba D56d se vztahuje na všechny elektrické spotřebiče v domě, což výrazně snižuje náklady na celkovou spotřebu elektřiny. Platnost nízkého tarifu, při kterém je povolen provoz TČ je časově omezen po dobu minimálně 22 hodin denně a je řízen prostřednictvím signálu hromadného dálkového ovládání. Dodavatel elektřiny může dobu platnosti nízkého tarifu rozdělit až do 7 samostatných časových úseků kratších než 1 hodina. Souvislá délka platnosti vysokého tarifu nesmí být naopak delší než 1 hodina. V průběhu dne může dodavatel

dobu platnosti nízkého tarifu operativně měnit. V době nízkého tarifu může dodavatel blokovat přímotopný elektrický spotřebič nejvýše na 2 hodiny denně s tím, že jednotlivá vypnutí nesmí být delší než 30 minut a přestávky mezi vypnutími nesmí být kratší než 1 hodina. V době platnosti vysokého tarifu zajistí odběratel technické blokování topných elektrických spotřebičů.

2.3. Biomasa

Biomasa je významným OZE. Energie biomasy vzniká slunečním zářením a fotosyntézou, proto patří mezi OZE. Jde o hmotu rostlinného a živočišného původu. V podmínkách ČR je biomasa považována za jeden z nejperspektivnějších OZE. Její využívání dává reálné možnosti, jak zvýšit dosud nízké využívání OZE. V současné době je biomasa využívána především jako palivo v tepelných zdrojích nebo jako zdroj bioplynu pro kogenerační jednotku (kombinovanou výrobu tepla a elektřiny).

2.3.1. Rozdělení a získávání energie z biomasy

V přírodních podmínkách ČR lze využívat biomasu těchto kategorií:

- **Biomasa odpadní:**
 - Rostlinné odpady ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny (řepková a kukuřičná sláma, obilná sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin a náletových dřevin, odpady ze sadů a vinic, odpady z údržby zeleně a travnatých ploch).
 - Lesní odpady (dendromasa), po těžbě dříví zůstává v lese určitá část stromové hmoty nevyužita (pařezy, kořeny, kůra, vršky stromů, větve, šišky a odpad z prvních probírek a prořezávek)
 - Organické odpady z průmyslových výrob, spalitelné odpady z dřevařských provozoven (odřezky, piliny, hobliny, kůra), odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce (cukrovary), odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, konzerváren.
 - Odpady ze živočišné výroby (hnůj, kejda, zbytky krmiv).
 - Komunální organické odpady (kaly, organický tuhý komunální odpad).
- **Biomasa záměrně produkovaná k energetickým účelům, energetické plodiny:**
 - Lignocelulózní dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty), obiloviny (celé rostliny), travní porosty (sloní tráva, chřastice, trvalé travní porosty) a ostatní rostliny (konopí seté, čirok, křídlatka, šťovík krmný, sléz topolovka).
 - Olejnaté (řepka olejka, slunečnice, len, semena dýně).
 - Škrobno-cukernaté (brambory, cukrová řepa, zrno obilí, topinambur, cukrová třtina, kukuřice).

Rozdělení biomasy podle obsahu vody:

- suchou (dřevo, dřevní odpady, sláma, případně zbytky ze zemědělské výroby).
- mokrou (tekuté statkové hnojivo – kejda).
- speciální (olejniny, škrobové a cukernaté plodiny).

Energii z biomasy lze získávat těmito základními způsoby:

- termochemický proces (suchý) – tato přeměna představuje spalování, zplyňování a pyrolýzu.
- biochemický proces (mokrý) – přeměny vzniklé fermentací a anaerobním digesce (vyhňívání).
- mechanicko-chemický proces - lisování olejů a jejich následná úprava v bionaftu nebo líh.

V souvislosti s vytápěním rodinných domů se budu věnovat pouze první variantě, neboť ty další je možné používat v této oblasti pouze velmi omezeně.

2.3.2. Spalování a zplyňování biomasy

- **Proces spalování biomasy**

Ze suché biomasy se působením vysokých teplot a za přístupu vzduchu se uvolňují hořlavé plynné složky, ty jsou nazývány dřevoplynem. Pro vytápění se používá zejména přímého spalování fytomasy. Spalováním vyrobíme vodní páru pro topení v průmyslu a domácnostech. Pokud chceme využívat i energii z odpadní biomasy, musíme mít speciální kotle k tomu určené.

- **Proces zplyňování biomasy**

Pokud jde o zahřívání bez přístupu vzduchu, odvádí se vzniklý dřevoplyn do spalovacího prostoru, kde se spaluje obdobně jako jiná plynná paliva. Část vzniklého tepla je použita na zplyňování další biomasy. Výhodou je snadná regulace výkonu, nižší emise, vyšší účinnost. Zařízení se zplyňováním biomasy se používají stále více.

Podmínkou dokonalého spalování je vysoká teplota, účinné směšování se vzduchem a dostatek prostoru pro to, aby všechny plyny dobře shořely a nestávalo se, že budou hořet až v komíně. Při regulaci výkonu zdroje snížením přívodu vzduchu dochází k nárůstu emisí vlivem nedokonalého spalování.

2.3.3. Druhy paliv a jejich výhřevnost

Pro rodinné domy přichází v úvahu z biomasy hlavně tyto:

- **Dřevní (lesní) štěpka**

Je strojně zkrácená a nadrcená dřevní hmota na kousky o délce od 3 do 250 mm. Je získávána z odpadů lesní těžby a průmyslového zpracování dřeva nebo rychle rostoucích dřevin. Jedná se o velmi

levné biopalivo určené pro vytápění větších budov. Podle kvality štěpky a dalších příměsí ji můžeme dělit na štěpku zelenou (lesní), hnědou (s kůry) a bílou (bez kůry). Výhřevnost je vysoce závislá na obsahu vody, její hodnotu můžeme uvažovat v rozmezí 8 až 12 MJ/kg. Dřevní štěpka je náchylná z důvodu většího obsahu vody k zapařování, plesnivění a může tudíž dojít v uzavřených místnostech i k samovznícení.

- **Dřevní peletka**

Je granule o rozměrech cca 5 x 20 mm vyrobená ze slisovaného dřevního odpadu. Její předností je, že se do kotle dodávají automatickým dávkováním ze zásobníku, tímto se vyhneme častému přikládání do kotle. S peletami je jednoduchá manipulace, nemají vysoké nároky na větrání místnosti a její prostory, snadná je i doprava a dostupnost. Pelety se vyrábějí ve speciálních lisech. Vznikají za vysokého tlaku protlačováním dřevních pilin válcovou nebo kruhovou maticí s množstvím otvorů a vzápětí jsou odřezávány na požadovanou délku. Mají válcový tvar s průměrem 4 až 20 mm a délku 5 až 30 mm, sypnou hustotu 600 až 800 kg/m³. Vyrábějí se výhradně z organického materiálu – biomasy (z čistých pilin a hoblin, bez přídavku chemických látek). Jako pojivo tu působí lignin obsažený v samotném dřevu, který se při vysokých teplotách způsobených vlivem tření dostává do plastického stavu. Pelety mají některé vlastnosti volně sypaných materiálů, dají se transportovat pneumaticky a vzhledem k jejich velikosti a tvaru je možné je dopravovat šnekovými dopravníky.

- **Dřevní brikety**

Představují slisovaný dřevní odpad nejrozličnějších tvarů (kvádry, válce). Vzhledem ke své velikosti nejsou brikety vhodné pro automatizované spalování, avšak lehko vzplanou, hoří stabilním plamenem a bez kouře až 90 minut. Jejich hustota je až 1,4 kg/dm³ a výhřevnost 18 MJ/kg, takže převyšují výhřevnost hnědého uhlí. Jsou vhodné téměř do všech typů kotlů, krbů a kamen na tuhé palivo. Jejich výhodou je téměř neomezená skladovatelnost, bezprašnost a snadná manipulace.

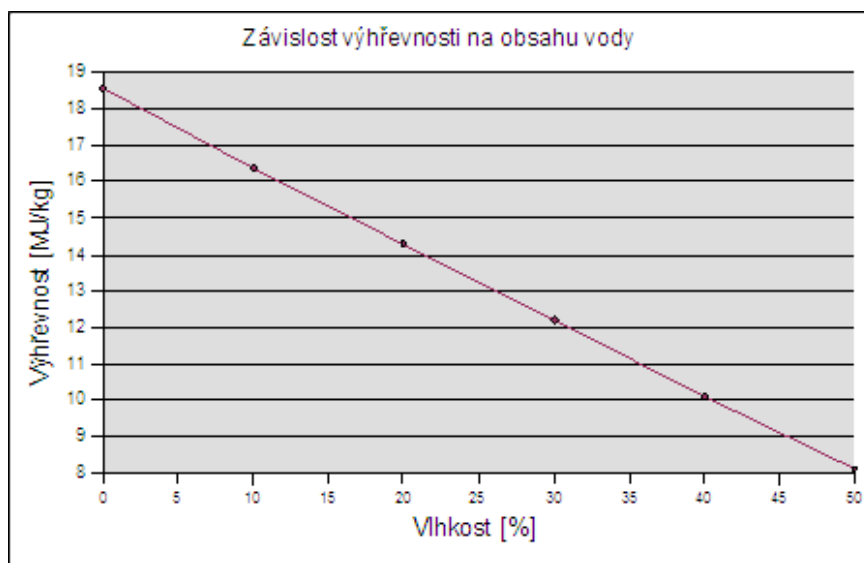


Obr. 14 Dřevní brikety a peletky

Výhřevnost je dána množstvím tzv. hořlaviny (organická část bez vody a popelovin, směs hořlavých uhlovodíků - celulózy, hemicelulózy a ligninu). Čerstvě vytěžené dřevo má relativní vlhkost až 60 %, dobře proschlé dřevo na vzduchu má relativní vlhkost cca 20 %; pod střechou sníží svůj obsah vody na 20 % za půl až jeden rok. Pro spalování dřeva lze doporučit vlhkost cca 20 %. Dřevěné brikety mohou mít relativní vlhkost od 3 do 10 %, podle kvality lisování. Pro spalování štěpek je

optimální vlhkost 30 - 35 %. Při vlhkosti nižší má hoření explozivní charakter a mnoho energie uniká s kouřovými plyny. Při vyšší vlhkosti se mnoho energie spotřebuje na její vypaření a spalování je nedokonalé a vede také ke snižování životnosti kotle vlivem koroze.

Obsah energie v 1 kg dřeva s nulovým obsahem vody je asi 5,2 kWh. V praxi však nelze dřevo vysušit úplně, zbytkový obsah vody je asi 20 % hmotnosti suchého dřeva. Protože se při spalovacím procesu část energie spotřebuje na vypaření této vody, je nutné počítat s energetickým obsahem 4,3 až 4,5 kWh na 1 kg dřeva.



Obr. 15 Závislosti výhřevnosti biomasy na obsahu vody [20]

2.3.4. Zdroje tepla

Kotle na biomasu pro užití v domácnostech se liší tím, jak jsou různorodá paliva na bázi biomasy, liší se i konstrukce a pojetí spalovacích zařízení.

Pro základní rozdělení jsou pak stanoveny 3 kategorie kotlů:

- zplynovací kotle na dřevo a brikety z biomasy
- automatické kotle na pelety a sypká ekopaliva
- krbová kamna a krbové vložky

Zplynovací kotle na dřevo a brikety z biomasy zahrnují tepelné zdroje pro vytápění rodinných domů, kde bývají nejčastějšími palivy dřevěná polena nebo brikety vyrobené z biomasy a ojediněle také dřevní štěpka. Moderní kotle na spalování biomasy jsou obvykle výrobci vybaveny elektronickými doplňky (regulátory, speciální armatury apod.) a svou funkčností se vyrovnávají plynovým kotlům. Dnešní výrobci nabízejí kombinované kotle na zplynování dřeva, pelety, zemní plyn a extra lehký topný olej.

Pro rodinné domy jsou určeny zdroje tepla o výkonu cca do 25 kW. Kotle pro rodinné domky pracují obvykle tak, že se palivo nejprve zplyňuje a teprve potom se plyn spaluje. Takový systém umožňuje velmi dobrou regulaci srovnatelnou s plynovými kotle. Moderní kotle bývají obvykle plně automatizovány, díky čemuž se považují za zdroje s nízkou tvorbou emisí a dobrými spalovacími vlastnostmi. Tímto dosahují účinnosti nad 85%. To vše je podmíněno používáním přesnému elektronickému řízení dávkování paliva a spalovacího vzduchu. Tepelný výkon je plynule řízen dávkováním paliva a spalovacího vzduchu v závislosti na venkovní teplotě a požadované vnitřní teplotě. Účinnosti těchto kotlů mohou dosahovat až 94 %.

Moderní peletkový kotel díky modulaci výkonu, automatickému spouštění hořáku, digitální regulaci a modulární konstrukci svým komfortem vytápění a snadnou obsluhou odpovídá olejovým nebo plynovým topným systémům. Plynule regulovatelný ventilátor sacího vzduchu zabezpečuje modulovaný provoz a umožňuje tak optimální přizpůsobení momentální potřebě tepla. Přisun peletek je plně automatický, topné plochy jsou samočinně čištěny. Dokonalé spalování se stará o extrémně nízkou tvorbu popela, který je potřeba vyprázdnit jen jednou za celou topnou sezónu. Důležité je, aby konstrukce kotle dovozovala vhodné podmínky pro spalování. Od cca 230 °C se spouští tepelný rozklad dřeva. Vznikající plyn vzplane samovolně při 400 °C, pokud je k dispozici atmosférický kyslík. Při cca 650 °C končí tepelný rozklad, zbývající podíl hmoty – zhruba 25% – shoří namodralým plamenem (dřevěné uhlí). Konstrukce kotle tedy musí zabezpečit, že se při spalování dřeva dosáhne maximální možné teploty 1000 až 1200 °C, aby byla zajištěna úplná oxidace. Při nižších spalovacích teplotách zůstávají zachovány cyklické uhlovodíky, což je nežádoucí jev

Krbová kamna a krbové vložky jsou tepelnými zdroji umístěnými v obytných místnostech, tato zařízení výrazně mění estetiku celého interiéru. Vhodnými palivy jsou dřevěná polena a dřevěné brikety. Kromě toho znamenají moderní krby také zajímavý způsob vytápění sálavým teplem a ohřevem vzduchu. Jejich výkon se pohybuje většinou do 10 kW. Doporučit lze pro rodinné domy uzavřené krby se skleněnými dvířky, které ohřívají proudící vnitřní vzduch. Díky jejich konstrukci nedochází k významně větším ztrátám tepla z interiéru. Pro spalování je však třeba volit pouze kvalitní dřevo, aby nedocházelo k silnému znečištění samotného krbu. Krby a krbová kamna je však u běžných domů nutné volit jen jako zdroj doplňkový.

2.3.5. Výhody a nevýhody využití biomasy

Hlavní výhodou je ekonomická úspornost a dostupnost pro vytápění rodinných domů. Využití odpadních látek. Při spalování, se do ovzduší uvolňuje jen takové množství CO₂, které původní rostlina do sebe přijala v období jejího růstu. Má tedy spalování biomasy nulovou bilanci CO₂. Emise NO_x jsou mnohem nižší než při spalování zemního plynu. Jejich množství závisí na kvalitě spalování, zejména na teplotě. Moderní kotle na spalování biomasy pracují s vysokou účinností (80 až 90 %),

jsou srovnatelné se spalováním zemního plynu. Mezi výhody také patří nezávislost na okolních podmínkách, jak je tomu například u TČ odebírajícího teplo ze vzduchu či u solárních panelů.

Nevýhodou zařízení spalující biomasu jsou velké nároky na obsluhu, kde není automatický podavač. Oproti TČ je potřeba pravidelně biomasu obstarat, připravit, složit do prostoru určeného ke skladování, a při vytápění jí dodávat do kotle podle potřeby. Nevýhodou je také náročnost na skladování a velký vliv vlhkosti na spalovací proces. U kotlů je potřeba zajistit, aby teplota vratné vody neklesala pod 65 °C a nedocházelo k nízkoteplotní korozi kotle.

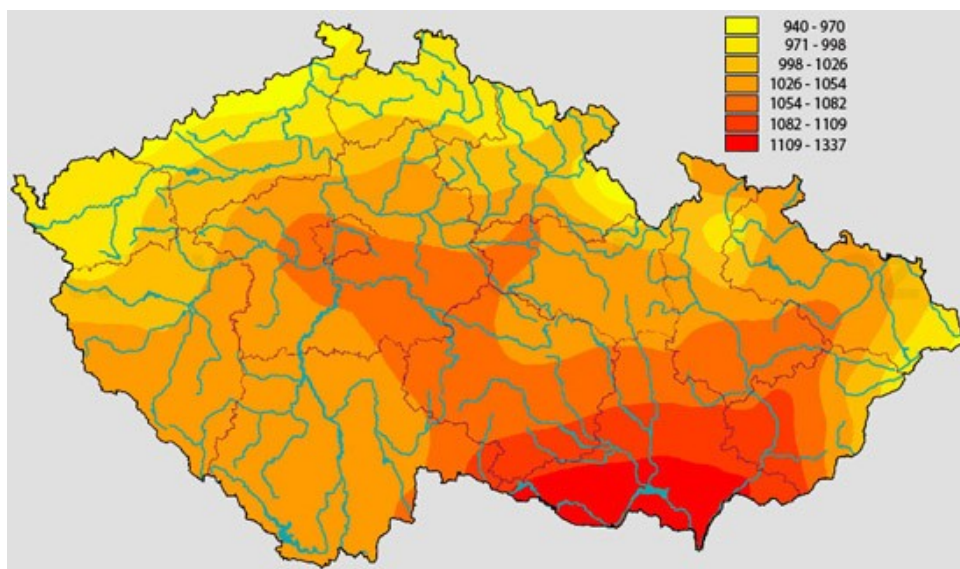
2.4. Solární energie

Energie slunce představuje významný obnovitelný a lehce dostupný zdroj energie. Energie dopadající na zemský povrch ve formě slunečního záření se za rok pohybuje v rozmezí 950 - 1300 kWh·m⁻². Tento výkon je nazýván solární konstantou. Velikost energie ze slunečního záření závisí na zeměpisné šířce, ročním období, oblačnosti sklonu a orientaci plochy na níž sluneční záření dopadá.

Podle přeměny solární energie na jinou energii ji lze rozdělit:

- přeměna na tepelnou energii (fototermální systémy)
- přeměna na elektrickou energii (fotovoltaické systémy)
- přeměna na mechanickou nebo chemickou energii
- fotochemické reakce slunečního záření

V našich podmínkách je nejvhodnější využívat tepelnou sluneční energii. Zejména k celoroční přípravě teplé vody, k ohřevu vody v bazénech nebo k přitápění budov (domy, rekreační zařízení, skleníky).



Obr. 16 Mapa ročního úhrnu průměrného slunečního záření na území ČR (kWh·m⁻²) [12]

2.4.1. Solární termální systémy

Principem solárních termických soustavy je přeměna slunečního záření na tepelnou energii. Fototermální konverze spočívá v absorpci slunečního záření na povrchu tuhých látek a kapalin, kdy se energie fotonů mění v teplo.

Přeměna slunečního záření na teplo může být pasivní pomocí pasivních solárních prvků objektu, kde nepotřebujeme k provozu žádné další zařízení (prosklené fasády, zimní zahrady) nebo aktivní pomocí přídatných technických zařízení (kolektory, sluneční sběrače), které je možné instalovat na budovu.

Aktivní solární tepelné soustavy se skládají nejčastěji z těchto částí:

- **Kolektor**

Základním prvkem kolektoru je absorbér, který svou plochou zachytává slunečního záření. Ten je obvykle složen z registru trubek selektivní barvy, ty jsou umístěné velice těsně u sebe, aby lépe šířily teplo. Selektivní vrstva je speciální černá barva nebo galvanické pokovení, které zvyšuje účinnost kolektoru a dokáže zpracovat i difúzní záření.

Pro snížení tepelných ztrát z absorbéru se využívá na přední straně kolektoru zasklení propouštějícího sluneční toku. Speciální sklo má nízkou pohltivost slunečního záření a je dostatečně mechanicky pevné. Zasklení omezuje jednak tepelné ztráty sáláním a zároveň vytváří před absorbérem vzduchovou vrstvu, která má funkci tepelného odporu vloženého mezi absorbér a okolní prostředí. Na zadní straně a bočních stranách absorbéru nezachytávajících sluneční záření se jako tepelný odpor používá tepelně izolační materiál uchycený v rámu kolektoru.

- **Transportní systém**

Tepelná energie se z kolektoru převádí různými teplotnosnými médii, obvykle proudícími kapalinami do zásobníku nebo přímo do místa spotřeby. Nevýhodou těchto kapalin bývá nižší přivedené teplo do kolektoru, než by přenesla čistá voda. Tyto kapaliny cirkulují v izolovaném potrubí, které se obvykle umísťují uvnitř budovy. Při instalaci na fasádě dochází k velkým tepelným ztrátám přes zimní měsíce. Potrubí by mělo být co nejkratší, navržené na požadovaný průtok, teplotu a tlak teplotnosné kapaliny v solárním okruhu. Nejčastěji se používá měď, nedoporučují se plasty.

Proudění teplotnosné kapaliny, která se vrací ochlazená zpět do kolektoru, zajišťuje oběhové čerpadlo nebo ventilátor. K zabezpečení správné funkce z hlediska spolehlivosti a bezpečnosti jsou součástí systému další armatury (manometr, zpětný ventil). Vyrovnání tlaku vlivem značného kolísání teploty zajišťuje expanzní nádoba, jejíž konstrukce a umístění musí odpovídat předpokládané maximální teplotě, objemu a tepelné roztažnosti teplotnosné kapaliny. Jako ochrana proti extrémnímu zvýšení tlaku při výpadku elektřiny se instaluje pojistný ventil.

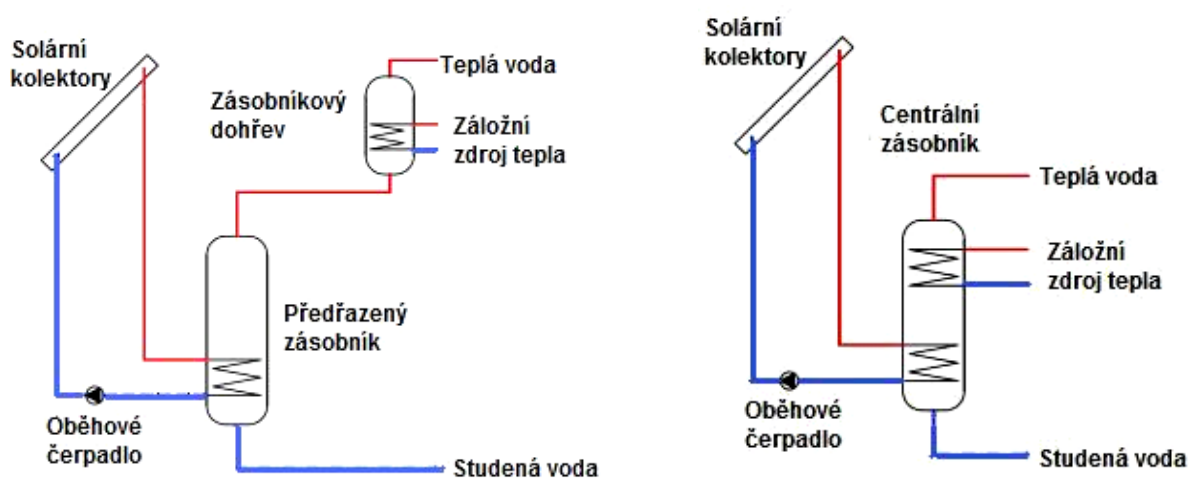
- **Regulační zařízení**

Základní funkcí regulátoru je uvést čerpadlo do chodu, v době kdy vzniká teplotní rozdíl mezi spodní částí zásobníku a kolektoru. Tento teplotní rozdíl zaznamenávají dvě teplotní čidla, zpravidla odporové teploměry. Potřebný rozdíl teploty na přestup tepla ve výměníku je obvykle 5°C. Aby

nedocházelo k příliš častému zapínání a vypínání z důvodů tepelné ztráty v potrubí, pracuje regulátor určitou hysterezi kolem 2°C. Automatická regulace nabízí další pomocné a zabezpečovací funkce. Řídí optimální výkon systému, chrání ho před poškozením a umožňuje potřebnou regulaci tepla mezi spotřebiči.

- **Zásobník**

V zásobníku se teplá voda uchovává pro přípravu TUV. Při nedostatku sluneční energie se ohřívá tepelnou energií z doplňkového zdroje (ústředního vytápění, elektřina). Objem zásobníku musí odpovídat ploše kolektorů, aby i v létě akumuloval zachycenou energii a nedošlo k poškození systému. Z hygienických důvodů je žádoucí alespoň jednou týdně ohřát obsah zásobníku na 72 °C, neboť při provozu za nízkých teplot a malém odběru vody se mohou rozmnožit nežádoucí mikroorganismy.



Obr. 17 Zjednodušená schémata zapojení slunečního kolektoru

2.4.2. Rozdělení termických solárních systémů

Termické solární soustavy lze rozdělit podle mnoha kritérií:

- **Podle použití:**
 - Systém pro ohřev teplé vody
 - Systém pro ohřev bazénů
 - Systém pro vytápění
 - Systém pro chlazení a klimatizaci
- **Podle teplosnosného média cirkulujícího v kolektorech:**
 - Kapalinové systémy

U nás jsou nejběžnějším systémem, k přenosu tepelné energie využívají zpravidla teplou vodu nebo nemrznoucí směs (na bázi propylenglykolu). Výhodou je velká tepelná kapacita vody, díky níž stačí relativně malé rozvody trubek.

- Vzduchové systémy

Své uplatnění nacházejí především v nízkoenergetických nebo pasivních domech, které mají nucené větrání s rekuperací a přehříváním vzduchu. Kolektoru jsou velmi jednoduchých konstrukcí, což je jejich výhodou, naopak nevýhodou je nutnost použití rozvody potrubí velkých průměrů a větší objemů zásobníků.

- **Podle způsobu oběhu teplotnosné kapaliny:**

- Solární systémy se samotížným oběhem

Oběh teplotnosné kapaliny využívá gravitaci mezi kolektorem a zásobníkem. Kapalina v systému proudí díky rozdílu hustoty mezi ochlazenou a ohřátou teplotnosnou kapalinou. Solární zásobník je nutné umístit výše než kolektory. Nevýhodou je horší regulace průtoku teplotnosné kapaliny kolektorem a tím nižší účinnost zařízení. Výhodou jsou nižší pořizovací náklady, maximální jednoduchost, nezávislost na vnějším zdroji energie, vyšší spolehlivost, nehrozí výpadek čerpadla. Systém samotížného oběhu se využívá u velmi jednoduchých malých solárních systémů určených převážně pro sezónní ohřev.

- Solární systémy s nuceným oběhem

Oběhu teplotnosné kapaliny zajišťuje oběhové čerpadlo. Výhodou je přesná regulace průtoku teplotnosné kapaliny kolektorem, která umožňuje vyšší účinnost přenosu tepla. Zmenšení průtoku vlivem hydraulických ztrát se nechá částečně kompenzovat změnou otáček čerpadla, snížení průtoku lze docílit škrcením. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady, větší složitost, nižší spolehlivost (výpadek čerpadla) a závislost na vnějším zdroji energie.

- **Podle počtu okruhů oběhu teplotnosné kapaliny:**

- Jednookruhové systémy

Přímo ohřívají vodu bez výměníku tepla. Výhodou je vysoká účinnost přenosu tepla, nižší pořizovací náklady, jednoduchost. Nevýhodou je možnost použití pouze pro sezónní provoz (bazény), nebezpečí tvorby bakterií a řas, při nízkých teplotách hrozí zamrznutí vody. Propojení okruhu spotřeby a výroby tepla komplikuje návrh zejména složitějších systémů. Vlivem používání neupravené vodovodní vody dochází k zanášení a korozi (oxidaci) kolektoru i systému. Používají se výhradně v nejjednodušších zařízeních pro sezónní ohřev vody.

- Dvouokruhové systémy

Pracují s výměníkem tepla a dvěma nezávislými okruhy. První okruh rozvádí ohřátou teplotnosnou kapalinu od kolektorů do výměníku tepla. Druhý přebírá teplo z výměníku a vede jej do místa spotřeby (solární zásobník). Primární okruh bývá napuštěn nemrznoucí směsí. Výhodou je celoroční provoz. Tlakové oddělení okruhů umožňuje velkou variabilitu zapojení s různými průtoky médií. Nevýhodou je horší účinnost v důsledku ztrát ve výměníku tepla, vyšší pořizovací náklady a složitost.

- **Podle typu konstrukce solárních kolektorů**

- **Bazénové kolektory**

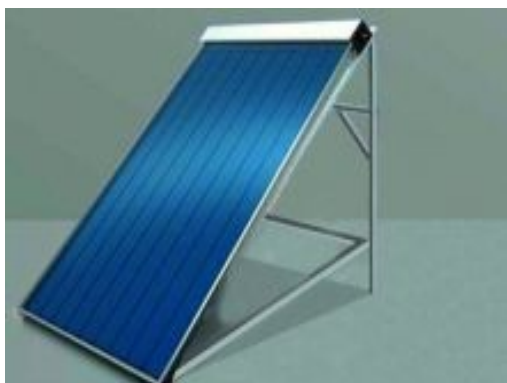
Jsou nejjednodušším typ slunečních kolektorů. Kolektor je tvořen pouze absorberem černé barvy, bez skříně chránící teplo a bez skleněné desky. Tyto kolektory se využívají především při ohřevu bazénové vody a nejsou vhodné pro kombinaci se systémem přípravy TUV a topné vody. Nejvyšší účinnost kolektory dosahují, pokud rozdíl mezi teplotou okolí a teplosměnné kapaliny nepřekračuje 10°C.

- **Ploché solární kolektory**

Jedná se o deskové kolektory s kovovým absorberem se spektrálně selektivním povlakem, který zvětšuje schopnost kolektoru zachytit i difúzní záření a tlakem uvnitř kolektoru nižším než atmosferický tlak v okolí kolektoru. U těchto kolektorů je teplo nejprve zachyceno absorberem, kde se přímo transformuje na tepelnou energii. Tato energie je pomocí teplosměnné látky odvedena do výměníku k přípravě TUV nebo vytápění. Teplosměnnou kapalinou je obvykle voda s příměsí ekologicky nezávadné nemrznoucí kapaliny. Tyto kolektory mají nižší účinnost než kolektory trubicové, ale jsou levnější. Tento typ kolektoru je určený pro celoroční ohřev vody a vytápění s provozními teplotami do 100°C.

- **Vakuové trubicové solární kolektory**

Tyto kolektory jsou složeny ze skleněných vakuových trubic s válcovým selektivním absorberem, kterým zachycují sluneční záření a přeměňují jej na tepelnou energii. Vlivem působení této energie dochází k vypařování teplosměnné látky, ta postupuje jako pára do kondenzátoru, kde předá teplo. Tímto se teplosměnná látka ochladí a zkondenzuje a následně se vrací zpět do kolektoru. Ve svém principu jde o zdokonalený kapalinový kolektor s nižším množstvím tepelných ztrát odstraněním vzduchu z kolektoru. Tyto kolektory se vyznačují vyššími provozními teplotami (nad 100°C) a proto jsou vhodné pro kombinované vytápěcí soustavy či průmyslové vysokoteplotní aplikace, naproti tomu jsou méně vhodné pro přípravu TUV a zcela nevhodné jsou pro ohřev bazénové vody. Mají vyšší účinnost než kolektory ploché a vzhledem k lepším izolačním vlastnostem dosahují vyšší výtěžnost zejména zimním období, kdy jsou nízké okolní teploty a intenzita slunečního záření.



Obr. 18 a) Solární kolektor – plochý b) Solární kolektor – vakuový trubicový

2.4.3. Výběr vhodných lokalit a zásady pro dimenzování

Při optimálním návrhu a provedení solárních termálních systémů, roční úspory energetických nákladů představují až 40% pro vytápění a 75% pro ohřev TUV v domácnostech.

Sluneční systém pracuje nejlépe, pokud je navržen pro skutečné místní podmínky. Pro dimenzování je důležité znát spotřebu TUV, zda bude ohříván bazén, zda bude požadováno přitápění, způsob napojení na klasický zdroj energie, způsob regulace a další vstupní údaje:

- Počet hodin slunečního svitu a intenzita slunečního záření, která se mění podle znečištění atmosféry uvažované lokality. Vývoj solárních kolektorů umožňuje využití sluneční energie po celý rok. Od dubna do srpna kolektory samy ohřívají vodu na zpravidla 50°C. V dalších obdobích a také ve dnech, kdy je intenzita slunečního záření nižší, je nutné použít doplňkový zdroj. Naopak když slunce svítí intenzivně, dokážou kolektory ohřát vodu i na teplotu vyšší než 90 °C. Kolektor může pracovat při teplotách nižších než 0°C, pokud použijeme jako teplotnosné médium nemrznoucí kapalinu.
- Chod ročních venkovních teplot, větru či jiných nepříznivých meteorologických jevů, zejména námrazy, ty určují tepelné ztráty kolektorů.
- Orientace střešní plochy, ideální je natočení na mezi jihovýchodní a jihozápadní stranu, protože maximum výkonu kolektoru bude kolem 14. hodiny, kdy je teplota okolního vzduchu nejteplejší a jsou tak nejnižší tepelné ztráty. Při jiném natočení domu se účinnost sníží jen málo, například při natočení domu o 45° od jihu je pokles jen 8 až 10 %.
- Sklon slunečních kolektorů, pro celoroční provoz může být 30 až 60° vzhledem k vodorovné rovině, při preferenci výhradně letního provozu 30°, u zimního provozu je výhodnější sklon 60°.
- Střecha by neměla být zastíněna v průběhu dne stromy nebo budovami. Celodenní osvit sluncem je ideální, přípustné je krátkodobé zastínění v dopoledních hodinách.
- Délka potrubních rozvodů, má být co nejkratší s kvalitní izolací (minimalizace tepelné ztráty) a dostatečná izolace akumulční nádrže.
- Při návrhu musíme brát zřetel také na únosnost střechy nebo není správně orientovaná, lze využít i štítovou stěnu, střechu garáže, přístavku, pergoly. Počítáme přibližně s potřebnou plochou kolektoru 1,6 m² na osobu.
- Rozložení spotřeby tepla, v ideálním případě kopíruje roční průběh slunečního záření, např. pro instalace jsou vhodnější bytové a rodinné domy, naproti tomu školy se jeví jako problematické, protože v době nejvyššího slunečního svitu bývají většinou nevyužívané (malý odběr teplé vody).

Z výše uvedených parametrů je možné stanovit množství vyrobené energie z celého systému za rok. Pro podrobnější výpočty existují již počítačové programy, např. firemní programy výrobců slunečních kolektorů.

3. Výpočet tepelné ztráty zvoleného objektu a potřeby tepla pro jeho vytápění a přípravu TUV

3.1. Popis zvoleného objektu

Zvoleným objektem pro návrh vytápění a ohřevu TUV je novostavba rodinného domu ve městě Třinec. Rodinný dům leží v nadmořské výšce 340 m. n. m., v krajině s průměrnou rychlostí větru 4 - 5 m·s⁻¹ a venkovní výpočtovou teplotou – 15 °C. Rodinný dům je umístěn v zástavbě více domů, je osaměle stojící, zastavěná plocha činí 171,5 m² a za objektem je zahrada o rozměrech 40x20m. Budova je dvoupodlažní bez podsklepení. Vstup do objektu je v přízemí z hlavní cesty nebo zadním vchodem ze zahrady. V přízemí se nachází tři pokoje se sociálním zařízením a šatnou. V prvním patře se nacházejí čtyři pokoje se sociálním zařízením a technickou místností. K objektu přiléhá garáž s vlastním vstupem z příjezdové cesty. Půdorysy podlaží zvoleného objektu jsou v Příloze 2.



Obr. 19 Novostavba uvažovaného rodinného domu [14]

3.2. Určení tepelných ztrát

Pro optimální volbu zdroje energie na vytápění a ohřev TUV, je zapotřebí znát maximální hodnotu tepelných ztrát daného objektu. Výpočet tepelných ztrát se stanoví dle normy ČSN EN 12 831 Otopné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro tepelné ztráty z roku 2003.

Pro větší přesnost výpočtu jsem použil softwarový program TechCON verze 5.1 od společnosti IVAR CS spol. s r. o. Podkladem pro výpočet tepelných ztrát je stavební projekt.

Vstupní hodnoty programu TechCON 5.1:

- Lokalita: Frýdek – Místek
- Venkovní výpočtová teplota $t_e = -15^\circ\text{C}$
- Průměrná roční venkovní teplota $t_{es} = 3,8^\circ\text{C}$
- Počet výměn vzduchu pro celou budovu $\eta_{50} = 2 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ (pro rodinný dům s bytovou jednotkou a vysokým stupněm těsnosti obvodového pláště budovy se volí počet výměny vzduchu pro celou budovu, který vzniká při rozdílu tlaku 50 Pa mezi interiérem a exteriérem budovy v rozsahu < 4).
- Součinitel ochrany budovy proti větru $e = 2$ (průměrně chráněné budovy v krajině se shluky stromů nebo v zastavěných oblastech, předměstská zástavba).

Tab. 1 Výstupní hodnoty tepelných ztrát objektu z programu TECHcon

Číslo místnosti	Účel místnosti	t_i	A_i	V_i	Q_v	Q_p	Q_c	q_c	q_c
		[°C]	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]	[W·m ²]	[W·m ³]
101	Zádvěří	20	4,3	11,2	267	218	485	114,1	43,3
102	Šatna	15	3,4	8,9	91	110	201	58,9	22,6
103	Hala	20	9,6	25,2	150	105	255	26,5	10,1
104	Koupelna	24	5,1	13,3	176	245	421	83,2	31,7
105	WC	20	1,8	4,6	109	57	166	93,3	36,1
106	Obývací pokoj	22	29,9	78,3	493	932	1425	47,7	18,2
107	Kuchyně	22	21,4	56,1	706	1073	1779	83,1	31,7
108	Ložnice	22	23,8	62,5	393	883	1276	53,5	20,4
109	Garáž	5	26,7	61,4	418	732	1150	43,1	18,7
201	Schodiště	20	6,6	15,8	188	203	391	59,6	24,7
202	Hala	20	15,3	36,6	218	176	394	25,8	10,8
203	Pokoj	22	24,4	52,4	330	659	989	40,6	18,9
204	Pokoj	22	16	34,7	218	490	708	44,3	20,4
205	Ložnice	22	20	43	270	739	1009	50,5	23,5
206	Pokoj	22	20	43	270	695	965	48,3	22,4
207	Koupelna	24	9	21,7	288	444	732	81,3	33,7
208	Technická místnost	20	6,7	13,3	79	151	230	34,3	17,3
209	WC	20	1,8	4,7	28	60	88	48,6	18,7
Celkem			245,7	586,7	4692	7972	12664	51,6	21,6

Rekapitulace výsledků:

Tepelná ztráta prostupem: $Q_p = 7,97 \text{ kW}$

Tepelná ztráta větráním: $Q_v = 4,69 \text{ kW}$

Celková tepelná ztráta rodinného domu: $Q_c = 12,66 \text{ kW}$

Průměrná tepelná ztráta budovy na m²: $q_c = 51,6 \text{ W}\cdot\text{m}^2$

Tepelná ztráta budovy na m³: $q_c = 21,6 \text{ W}\cdot\text{m}^3$

3.3. Stanovení potřeby tepla pro vytápění a ohřev TUV

3.3.1. Potřeba tepla pro vytápění

Pro výpočet potřeby tepla po dobu vytápěcí sezóny jsem použil dennostupňovou metodu. Tato metoda vychází z celkového počtu topných dnů a průměrné venkovní teploty dané lokality. Tato metodika je založena na dlouhodobém sledování délky otopných období v ČR.

Vstupní hodnoty podle zvolené lokality:

- Region: Frýdek – Místek
- Venkovní výpočtová teplota $t_e = -15^\circ\text{C}$ (venkovní oblastní výpočtová teplota t_e je určena jako nejnižší dlouhodobý pětidenní průměr venkovních teplot. Území ČR je rozdělena na oblasti s $t_e = -12, -15$ a -18°C , a tyto hodnoty mohou být ještě korigovány vlivem nadmořské výšky).
- Střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období $t_{em} = 13^\circ\text{C}$ (průměrnou denní teplotou venkovního vzduchu je čtvrtina součtu venkovních teplot měřených ve stínu s vyloučením sálání okolních stěn v 7^{00} , 14^{00} a ve 21^{00} hod., přičemž teplota naměřená ve 21^{00} hodin se počítá dvakrát).
- Průměrná roční venkovní teplota $t_{es} = 3,8^\circ\text{C}$
- Délka otopného období $d = 236$ dní
- Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = 20,1^\circ\text{C}$ (pro obytné obvykle budovy uvažujeme $18,2$ až $19,1^\circ\text{C}$ dle normy ČSN EN 12 831, v našem případě však byly vnitřní výpočtové teploty každé místnosti stanoveny na základě požadavků investora).
- Vytápěcí denostupně D :

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 236 \cdot (20,1 - 3,8) = 3847 \quad [\text{K} \cdot \text{dny}] \quad (3.1)$$

- Opravné součinitele a účinnosti systému:
 - Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem $e_i = 0,85$ [-] (Protože tepelná ztráta infiltrací v běžných případech tvoří 10-20 % celkové tepelné ztráty, volí se součinitel v rozmezí 0,8 až 0,9).
 - Snížení teploty v místnosti během dne respektive noci $e_r = 0,9$ [-] (V některých objektech je vlivem vhodné regulace možno snížit teplotu po určitou část dne. Volí se v rozmezí 0,8 např. pro školy s polodenním vyučováním až po 1 pro nemocnice, kde vyžadujeme 100 % výkon otopné soustavy po celých 24 hodin).

- Zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu $e_d = 1$ [-] (Podle využití budov v průběhu týdne se volí součinitel e_d v rozmezí od 1.0 pro budovy se sedmidenním provozem, přes 0,9 pro budovy se šestidenním a 0,8 pro budovy s pětidenním provozem).
- Účinnost obsluhy $\eta_o = 0,95$ [-] (Volí se v rozmezí 0,9 pro kotelnu na pevná paliva bez rozdělení kotelny na sekce až po 1 pro plynovou kotelnou s otopnou soustavou rozdělenou do sekcí např. podle světových stran s automatickou regulací).
- Účinnost rozvodu vytápění $\eta_r = 0,98$ [-] (Volí se v rozmezí 0,95 až 0,98 podle provedení).
- Opravný součinitel ε :

$$\varepsilon = \varepsilon_i \cdot \varepsilon_t \cdot \varepsilon_d = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,765 \quad [-] \quad (3.2)$$

- Celoroční potřeba tepla pro vytápění $Q_{r,vyt}$:

$$Q_{r,vyt} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = \frac{0,765}{0,95 \cdot 0,98} \cdot \frac{24 \cdot 12664 \cdot 3847}{(20,1 - (-15))} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} =$$

$$= 98,5 \text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1} \Rightarrow 27,4 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (3.3)$$

3.3.2. Teplo pro ohřev TUV

- Teplota studené vody $t_1 = 10$ °C
- Teplota ohřáté vody $t_2 = 55$ °C
- Celková potřeba teplé vody za 1 den V_{2p} (U staveb pro bydlení uvažujeme $0.082 \text{ m}^3/\text{osobu den}$, minimálně však $0.2 \text{ m}^3/\text{byt den}$)
- Počet osob $n = 4$ osoby
- Celková potřeba teplé vody za 1 den V_{2p} :

$$V_{2p} = V_{2p} \cdot n = 0,328 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1} \quad (3.4)$$

- Měrná hmotnost vody $\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$
- Měrná tepelná kapacita vody $c = 4186 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- Koeficient energetických ztrát systému $z = 0,5$ [-] (Pro běžné stavby uvažujeme hodnotou 50 až 100% podle provedení rozvodu a doby cirkulace, rozvody v nových stavbách $z = \text{max. } 0.5$, okružkové rozvody $z = \text{max. } 1.0$, rozvody ve starších stavbách $z = 2$ až 4).

- Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{d,TUV}$:

$$Q_{d,TUV} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} =$$

$$= (1 + 0,5) \cdot \frac{1000 \cdot 4186 \cdot 0,328 \cdot (55 - 10)}{3600} = 25,74 \text{ kWh} \quad (3.5)$$

- Teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15 \text{ °C}$
- Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5 \text{ °C}$
- Počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365$ dní
- Celoroční potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{r,TUV}$:

$$Q_{r,TUV} = Q_{d,TUV} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{d,TUV} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d) \cdot 3,6 =$$

$$= 25,74 \cdot 236 + 0,8 \cdot 25,74 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot (365 - 236) \cdot 3,6 =$$

$$= 29,52 \text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1} \Rightarrow 8,19 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (3.6)$$

3.3.3. Celkové množství tepla pro ohřev TUV a vytápění

- Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody Q_r :

$$Q_r = Q_{r,vyt} + Q_{r,TUV} = 98,5 + 29,52 = 128 \text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1} \Rightarrow 35,6 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (3.7)$$

4. Návrh zdroje tepla na bázi OZE a jeho zapojení do otopného systému

4.1. Varianta 1 - Tepelné čerpadlo země /voda

4.1.1. Návrh výkonu tepelného čerpadla

TČ se dimenzují podle vypočtených tepelných ztrát objektu Q_c , zohlednit je také potřeba spotřebu na ohřev TUV a přírážku na sazební blokování Q_b . Pro přípravu teplé vody se přibližně počítá s 0,2 kW na osobu. Za předpokladu, že jedna osoba spotřebuje denně 80 až 100 litrů teplé vody o teplotě 45 °C. V uvažovaném objektu se počítáme se čtyřmi osobami ($n = 4$).

- Dodatečný tepelný výkon na přípravu vody Q_{TUV} :

$$Q_{TUV} = 0,2 \cdot n = 0,2 \cdot 4 = 0,8 \text{ kW} \quad (4.1)$$

- Přírážka sazebního blokování Q_b se v praxi osvědčila podle Tab. 2:

Tab. 2 Součinitel dimenzování pro zohlednění doby

Celková doba blokování [h]	2	4	6
Součinitel dimenzování Q_b	1,05	1,1	1,15

- Tepelný výkon $Q_{TČ,p}$ s přírážkami na ohřev TUV a dvouhodinové sazební blokování:

$$Q_{TČ,p} = (Q_c + Q_{TUV}) \cdot Q_b = (12,66 + 0,8) \cdot 1,05 = 14,13 \text{ kW} \quad (4.2)$$

Konvenční TČ, u nichž jsou použity kompresory scroll a nemají regulovatelný výkon, se obvykle dimenzují na 55 až 70 % z vypočtených tepelných ztrát objektu Q_c i s přírážkami za ohřev TUV a sazební blokování. V případě žádosti o sazbu D56d, je nutné dodržet podmínku, aby TČ pokrývalo minimálně 60 % tepelných ztrát objektu, proto při návrhu zvolím hodnotu 60%.

- Požadovaný jmenovitý tepelný výkon $Q_{TČ}$ pro vytápění uvažovaného objektu:

$$Q_{TČ} = \frac{Q_{TČ,p} \cdot 60}{100} = \frac{14,13 \cdot 60}{100} = 8,5 \text{ kW} \quad (4.3)$$

Na základě výše uvedených výpočtů navrhuji pro uvažovaný objekt instalaci TČ typu země /voda, od výrobce VISSMANN v provedení Vitocal343-G

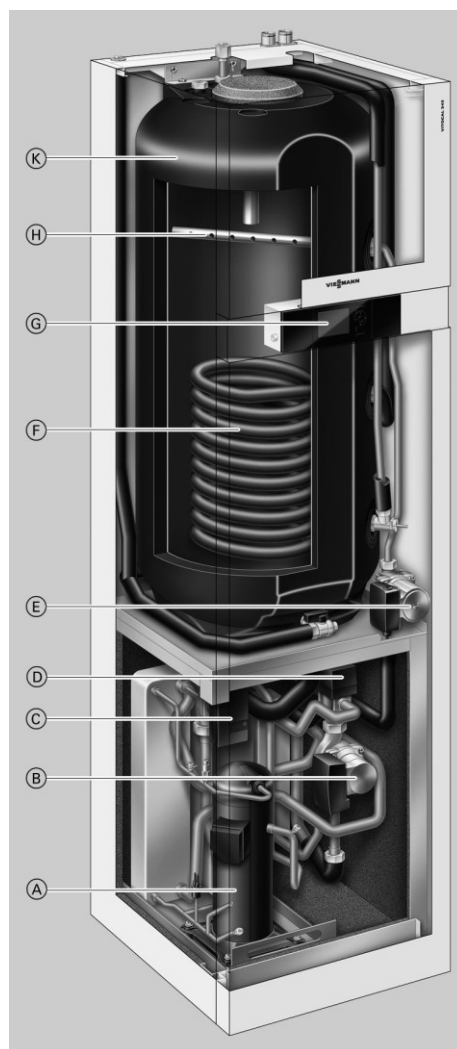
- Varianta 1A - typ BWT 341.A08 o jmenovitém tepelném výkonu 7,9 kW
- Varianta 1B - typ BWT 341.A10 o jmenovitém tepelném výkonu 10,3 kW

4.1.2. Popis navrženého tepelného čerpadla

Vitocal 343-G od firmy Viessman je kompaktní TČ určené pro vytápění a ohřev teplé vody v novostavbách a nízkoenergetických domech, navíc s možností dodatečného připojení solárního systému. Vysoký komfort teplé vody zajišťuje integrovaný 220 litrový zásobník teplé vody. Maximální výstupní teplota do 60°C obstarává vysoký komfort pitné vody. Jako záložní zdroj slouží zabudovaný 9 kW elektrický průtokový ohřívač topné vody. TČ má rovněž integrované vysoce efektivní energeticky úsporné stejnosměrné oběhové čerpadlo. Díky kompaktnímu provedení s půdorysným rozměrem jen 600 x 680 mm šetří TČ místo potřebné k instalaci. Spirálovým kompresorem a elektronickým expanzním ventilem lze dosahovat výkonových čísel až 4,7 (B0/W35). S dosahovanými výstupními teplotami až 60 °C umožňuje provoz i ve spojení s radiátory. TČ je velmi tiché na základě nového konceptu tlumení hluku s hladinou akustického výkonu 38 dB při B0/W35°C. Regulace Vitotronic zajišťuje snadnou obsluhu. Obslužný díl regulace lze montovat i na nástěnný sokl. Možnost rozšíření o komfortní komunikační techniku. TČ se připojuje k střídavé elektrické síti s napětím 400V, přes motorový jistič 3x16A.

Legenda k Obr. 20. :

- A - Plně hermetický kompresor Compliant Scroll
- B - Sekundární čerpadlo (topná voda), vysoce efektivní čerpadlo na stejnosměrný proud
- C - Primární čerpadlo (solanka), vysoce efektivní čerpadlo na stejnosměrný proud
- D - Třícestný přepínací ventil „Vytápění/ohřev pitné vody“
- E - Nabíjecí čerpadlo zásobníku s ovládáním PWM
- F - Solární výměník tepla
- G - Ekvitermně řízená digitální regulace tepelného čerpadla Vitotronic 200, typ WO1A
- H - Nabíjecí tryska pro ohřev zásobníku
- K - Zásobníkový ohřívač vody o objemu 220 litrů



Obr. 20 TČ země /voda, Vitocal 343-G [9]

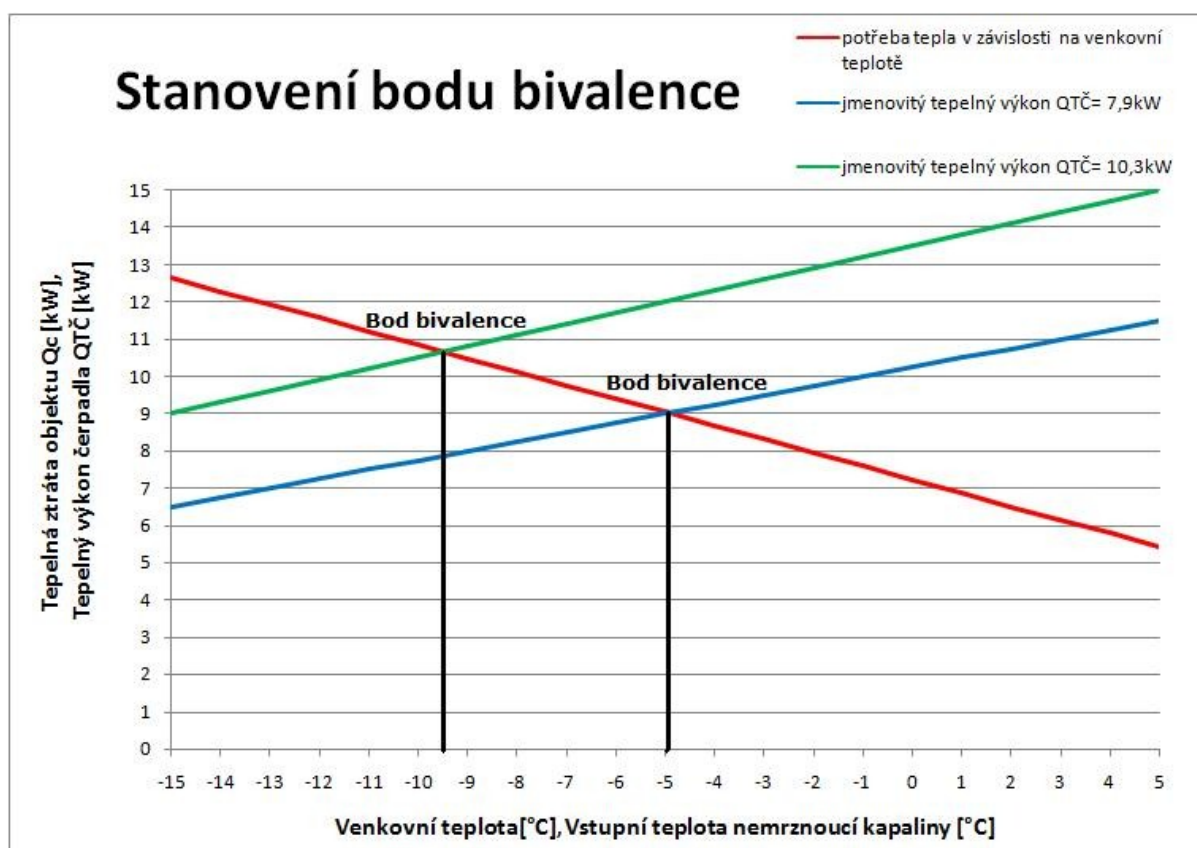
Tab. 3 Výkonové parametry tepelného čerpadla

Varianta	1A	1B
Jmenovitý tepelný výkon $Q_{TČ}$ [kW]	7,9	10,3
Výkon chlazení Q_k [kW]	6,3	8,3
Elektrický příkon $E_{TČ}$ [kW]	1,71	2,19
Výkonové číslo COP	4,6	4,7

4.1.3. Stanovení bodu bivalence a podílu pokrytí tepla tepelným čerpadlem

- Stanovení bodu bivalence navržených tepelných čerpadel**

U TČ typu země/voda se stanovení bodu bivalence provádí na základě porovnání tepelných ztrát objektu a jmenovitém tepelném výkonu TČ v závislosti na vstupní teplotě nemrznoucí kapaliny. Při teplotě bivalence již TČ nestačí pokrýt tepelné ztráty objektu a je nutné zapojit bivalentní zdroj energie.



Obr. 21 Stanovení bodu bivalence tepelného čerpadla Vitocal 343-G

Podle Obr. 21 je stanoven bod bivalence TČ Vitocal 343-G, pro variantu 1A -5°C , pro variantu 1B je bod bivalence $-9,5^\circ\text{C}$.

- **Stanovení podílu pokrytí tepla tepelným čerpadlem Vitocal 343-G**

Tento typ TČ se navrhuje vždy v kombinaci s bivalentním zdrojem tepla, podle navrhovaného TČ určíme poměr pokrytí dodávky tepelné energie TČ a bivalentním zdrojem, pomocí podílu výkonu $Q_{TČ}$ k tepelným ztrátám objektu Q_c a výsledné hodnoty pokrytí potřeby tepla odečteme z Obr. 22.

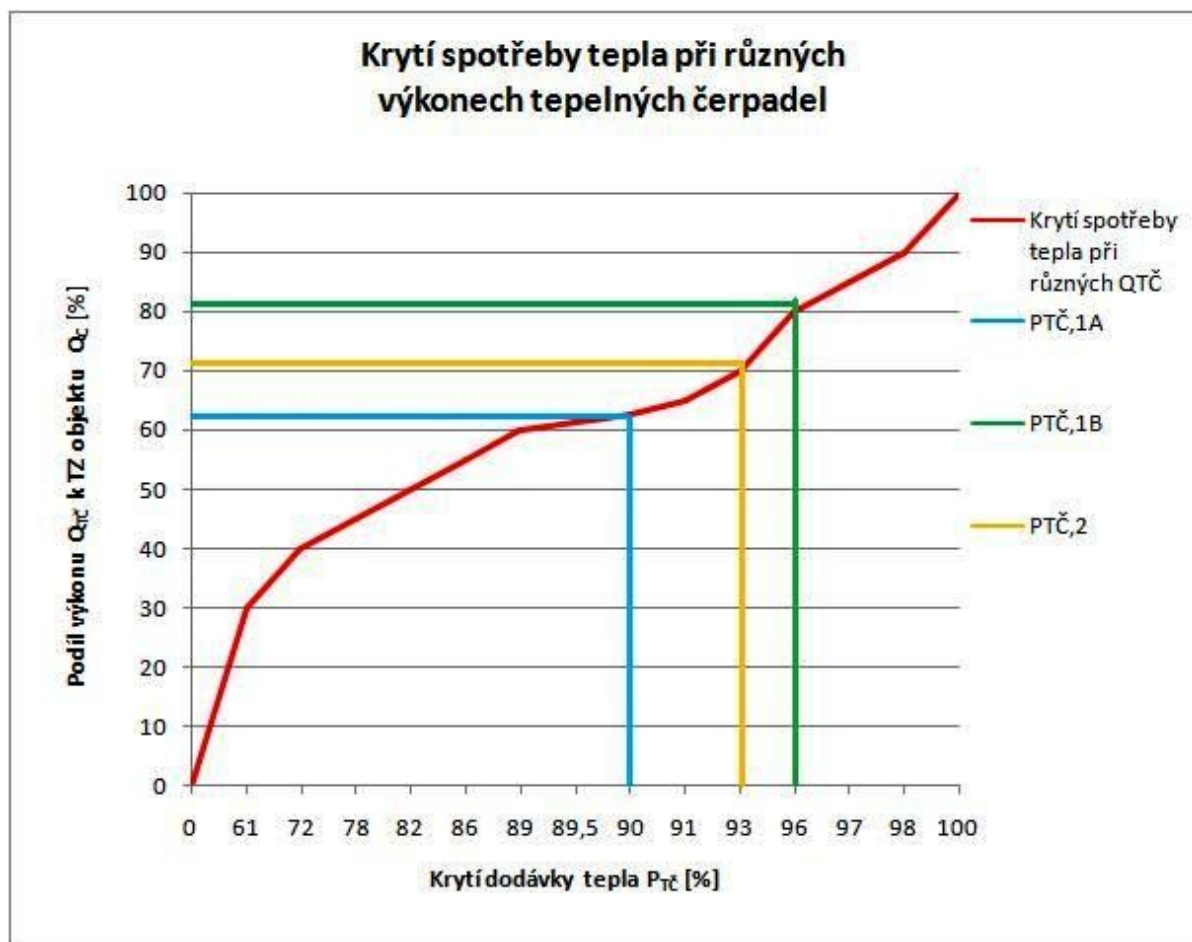
- Podíl výkonu $Q_{TČ}$ k tepelným ztrátám objektu Q_c :

$$P_{TČ,1A} = \frac{Q_{TČ}}{Q_c} \cdot 100 = \frac{7,9}{12,66} \cdot 100 = 62,4 \% \quad (4.4)$$

$$P_{TČ,1B} = \frac{Q_{TČ}}{Q_c} \cdot 100 = \frac{10,3}{12,66} \cdot 100 = 81,3 \% \quad (4.5)$$

Tab. 4. Krytí potřeby tepla při různých výkonech tepelných čerpadel [13]

$P_{TČ}$ - Podíl výkonu $Q_{TČ}$ k TZ objektu Q_c [%]	0	30	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
Krytí potřeby tepla [%]	0	61	72	78	82	86	89	91	93	96	98	100



Obr. 22 Krytí potřeby tepla při různých výkonech tepelných čerpadel

Poměr na pokrytí potřeby tepelné energie dodané TČ a bivalentním zdrojem, je podle Tab. 4 a Obr. 22:

- Varianta 1A - TČ se pokrývá 90% spotřeby tepla, zbylých 10% dodává záložní zdroj elektrokotel.
- Varianta 1B - TČ se pokrývá 96% spotřeby tepla, zbylých 4% dodává záložní zdroj elektrokotel.

4.1.4. Dimenzování akumulční nádrže

TČ je vhodné doplnit akumulčním zásobníkem, aby mohlo pracovat kontinuálním provozu, který je dobíjen při nízké potřebě tepla, což vede k omezení častému spínání kompresoru. Akumulované teplo se využívá v dalších dnech pro vytápění nebo pro přípravu TUV. Velikost zásobníku V_A se doporučuje 20 - 25 litrů na 1kW jmenovitého tepelného výkonu $Q_{TČ}$.

- Objem akumulčního zásobníku pro topnou vodu V_{AZ} :

$$V_{AZ,1A} = Q_{TČ} \cdot V_A = 7,9 \cdot 25 = 197,5 \text{ l} \quad (4.6)$$

$$V_{AZ,1B} = Q_{TČ} \cdot V_A = 10,3 \cdot 25 = 257 \text{ l} \quad (4.7)$$

V našem případě má TČ VIESMANN 343- G integrovaný akumulční zásobník s objemem 220 litrů.

4.1.5. Dimenzování plošného kolektoru

Hlubinný vrt jako primární zdroj je cenově náročný, proto dám přednost investičně efektivnějšímu plošnému kolektoru. Pro správnou volbu kolektoru je potřeba znát termické schopnosti půdy. Podle těchto hodnot a hodnot chladicího výkonu Q_k můžeme určit potřebnou plochu plošného kolektoru. Podle Tab. 3. dosahuje navrhované TČ varianty 1A chladicího výkonu Q_k 6,3 kW a u varianty 1B je chladicí výkon Q_k 8,3 kW. Plocha pozemku, u níž se vytápěný objekt nachází, patří podle Tab. 5 mezi ulehlé vlhké půdy.

Tab. 5 Typické hodnoty měrných tepelných toků pro zemní kolektory [13]

Typ půdy	Měrný výkon získaný z půdy q_z [W·m ²]
suchá nezpevněná půda	10
ulehlá vlhká půda	20 až 30
vodou nasycené štěrky a písky	40

- Potřebná plocha S_k pro plošný kolektor:

$$S_{k,1A} = \frac{Q_K}{q_z} = \frac{6300}{20} = 315 \text{ m}^2 \quad (4.8)$$

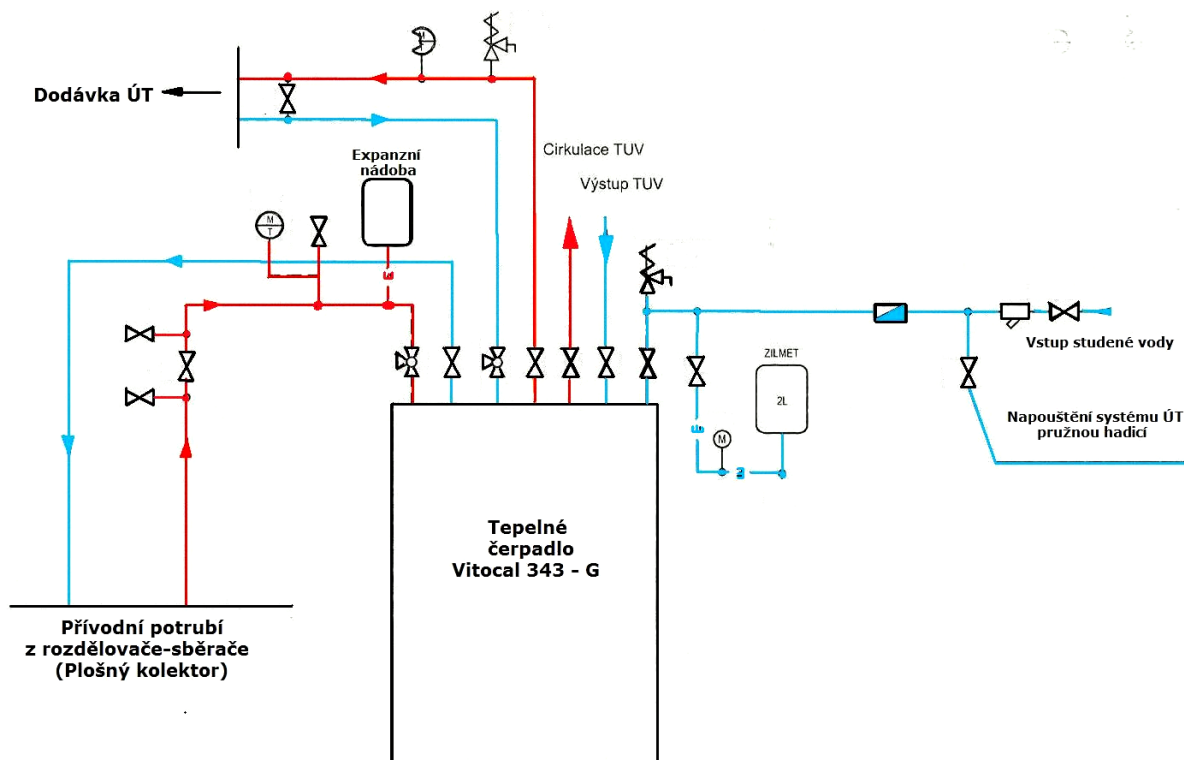
$$S_{k,1B} = \frac{Q_K}{q_z} = \frac{8300}{20} = 415 \text{ m}^2 \quad (4.9)$$

Plocha pozemku uvažovaného objektu má 800 m², podle výpočtu je to dostačující pro obě varianty 1A , 1B k pokládce plošného kolektoru. Z toho důvodu použijí klasické uložení potrubí (viz. Obr. 23 a), při kterém kolektor rovnoměrně čerpá energii z půdní plochy. Doporučená ideální délka jednotlivých okruhů z důvodů snížení tlakových ztrát je 100 až 200 m. Pro variantu 1A je vhodné použít čtyři smyčky, pro variantu 1B pět smyček plošného kolektoru o celkové délce 100 m každá. Smyčky se pak před vstupem do TČ sdružují sběračem (viz. Obr. 23 c). Hloubka uložení kolektoru v našich geografických podmínkách se doporučuje 1,2 až 1,5 m. Kolektory jsou vyhotoveny z vysokohustotních polyetylénových (HDPE) trubek rozměru 40x3,7mm (viz. Obr. 23 b) uložených minimálně 1 m od sebe. Médium v trubce pro přenos tepla ze země je nemrznoucí směs vody a denaturovaného lihu s koncentrací 30 %. Trubky z kolektorů vedou v zemi do objektu, uvnitř objektu jsou napojeny na rozdělovač - sběrač primárního okruhu. Potrubí je izolováno izolací odolnou proti vlhkosti v trase min. ve vzdálenosti 2 m od základů objektu až k čerpadlu a to z důvodu nízké teploty média (až -7°C).



Obr. 23 a) Klasické uložení potrubí plošného kolektoru [19] b) trubka HDPE 40x3,7mm pro plošný kolektor c) rozdělovač-sběrač primárního okruhu

4.1.6. Zapojení soustavy tepelného čerpadla



Obr. 24 Schéma zapojení tepelného čerpadla země /voda, Vitocal 343-G

4.1.7. Roční náklady na vytápění a ohřev TUV

- Potřeba roční energie dodané elektrokotlem Q_{rEK} , pro obě varianty 1A, 1B:

$$Q_{rEK,1A} = \frac{Q_r \cdot 10}{100} = \frac{35600 \cdot 10}{100} = 3560 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (4.10)$$

$$Q_{rEK,1B} = \frac{Q_r \cdot 4}{100} = \frac{35600 \cdot 4}{100} = 1224 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (4.11)$$

- Potřeba roční energie dodané tepelným čerpadlem $Q_{rTČ}$, pro obě varianty 1A, 1B:

$$Q_{rTČ,1A} = \frac{Q_r - Q_{rEK,1A}}{\varepsilon_{TČ}} = \frac{35600 - 3560}{4,6} = 6965 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (4.12)$$

$$Q_{rT\check{C},1A} = \frac{Q_r - Q_{rEK,1B}}{\varepsilon_{T\check{C}}} = \frac{35600 - 1224}{4,7} = 7314 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (4.13)$$

- Potřeba celkové roční energie dodané tepelným čerpadlem $Q_{T\check{C}}$ a elektrokotlem Q_{EK} , pro obě varianty 1A, 1B:

$$Q_{rc,1A} = Q_{rT\check{C},1A} + Q_{rEK,1A} = 3560 + 6965 = 10525 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (4.14)$$

$$Q_{rc,1B} = Q_{rT\check{C},1B} + Q_{rEK,1B} = 1224 + 7314 = 8538 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (4.15)$$

Podle výše uvedených výpočtu jsou roční náklady na vytápění a ohřev TUV TČ Vitocal 343-G, pro variantu 1A: 10 525 kWh za rok a pro variantu 1B: 8 538 kWh za rok.

4.2. Varianta 2 - Tepelné čerpadlo /vzduch /voda

4.2.1. Návrh výkonu tepelného čerpadla

Při optimální návrhu hodnoty tepelného výkonu TČ typu vzduch /voda vycházím z výpočtů (4.1;4,2;4,3) jako v případě typu země/voda, navíc s 4% přírážkou Q_n na odstranění námrazy na výparníku.

- Tepelný výkon $Q_{T\check{C},p}$ s přírážkami na ohřev TUV, dvouhodinové sazební blokování a odstranění námrazy:

$$Q_{T\check{C},p} = (Q_c + Q_{TUV}) \cdot Q_b \cdot Q_n = (12,66 + 0,8) \cdot 1,05 \cdot 1,04 = 14,7 \text{ kW} \quad (4.16)$$

Stejně jako u varianty 1, budu dimenzovat TČ na 60% z vypočtených tepelných ztrát objektu Q_c i s přírážkami za ohřev TUV, sazební blokování a odstranění námrazy.

- Požadovaný jmenovitý tepelný výkon $Q_{T\check{C}}$ pro vytápění uvažovaného objektu:

$$Q_{T\check{C}} = \frac{Q_{T\check{C},p} \cdot 60}{100} = \frac{14,7 \cdot 60}{100} = 8,82 \text{ kW} \quad (4.17)$$

Pro vytápění objekt navrhuji instalaci TČ typu vzduch /voda, od stejného výrobce jako v případě varianty 1, VIESSMANN v provedení Vitocal300-A o jmenovitém tepelném výkonu 9 kW. Jde o

moderní invertorové TČ s plynulou regulací, tyto systémy je možné také dimenzovat na plnou tepelnou ztrátu při výpočtové teplotě, na rozdíl od konvenčních TČ.

4.2.2. Popis navrženého tepelného čerpadla

TČ Vitocal 300-A je vyvinuto a navrženo pro vytápění rodinných domů a bytových domů s nižší tepelnou ztrátou. Vitocal 300-A dosahuje vysokých hodnot COP 3,9 (B2/W 35) pomocí technologie Digital-Scroll a elektronického expanzního ventilu Biflow.

Jedná se o reverzibilní způsob provozu, s možností topení a v letních měsících chlazení. Reverzibilní provoz slouží také k efektivnímu rozmrazování otočením chladicího okruhu. TČ je velmi efektivní a i při venkovní teplotě 6°C je stále schopné připravit výstupní teplotu až 60°C.

Výhodou je snadná obsluha s plynulým ekvitermním regulátorem topného provozu Vitotronic 200, pracujícím v rozmezí 3,0 až 9,0 kW. Napojením na inteligentní datovou komunikaci Vitocom 100/300 je umožněno dálkové ovládání a kontrola působení.

Nízká provozní hlučnost TČ je daná radiálním ventilátorem a snížením otáček ventilátoru v době nočního provozu. Maximální akustický výkon je 64 dB. K zajištění nízké náročnosti na potřebu energie se dodává TČ s integrovaným vysoce efektivním sekundárním oběhovým čerpadlem na stejnosměrný proud.

Chladivo je ekologicky nezávadná směs R 407 C. Deskový výměník sloužící k odvodu tepla topnému systému, je z ušlechtilé oceli. Při nízkých teplotách pracuje TČ v paralelním bivalentním provozu s průtokovým ohřívačem topné vody, který je přizpůsobený pro montáž na výstupu topné vody v budově. Jeho regulace je zajištěna třemi výkonovými stupni (2/4/6 kW).

Legenda k Obr. č. 24. :

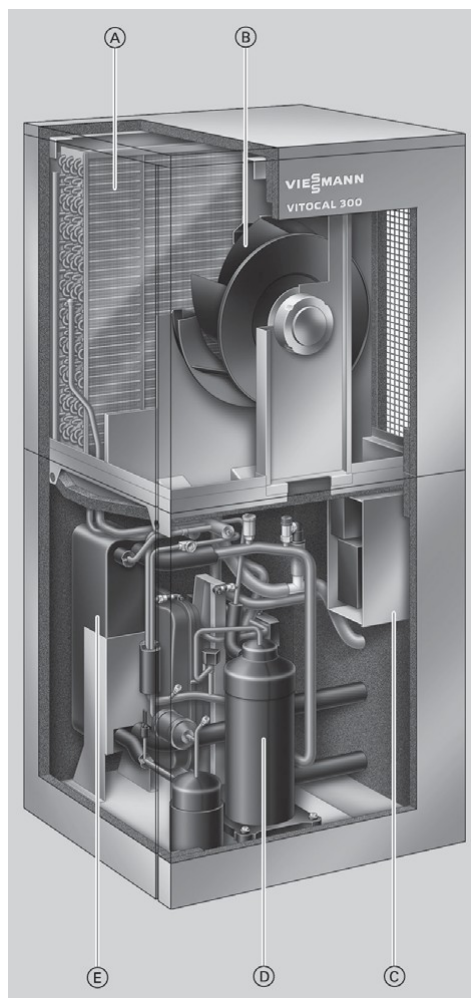
A - Výparník

B - Ventilátor

C – Elektrická přípojovací skříňka

D - Hermetický kompresor Digital-Scroll řízený
v závislosti na výkonu

E - Kondenzátor



Obr. 25 TČ vzduch /voda, Vitocal 300 – A [9]

Součástí systému je smaltovaný zásobník pro ohřev TUV Vitocell 100-B typ CVW o objemu 300 litrů, doplněný elektrickou topnou vložkou o výkonu 6 kW, k dohřívání TUV až na teplotu 55 °C. K akumulaci topné vody TČ je navržena akumulční nádrž Vitocell 100E typ SVW o objem 200 l.

TČ je kompaktní konstrukce pro vnější i vnitřní montáž. TČ se připojuje k střídavé elektrické síti s napětím 400V, přes motorový jistič 3x16A.

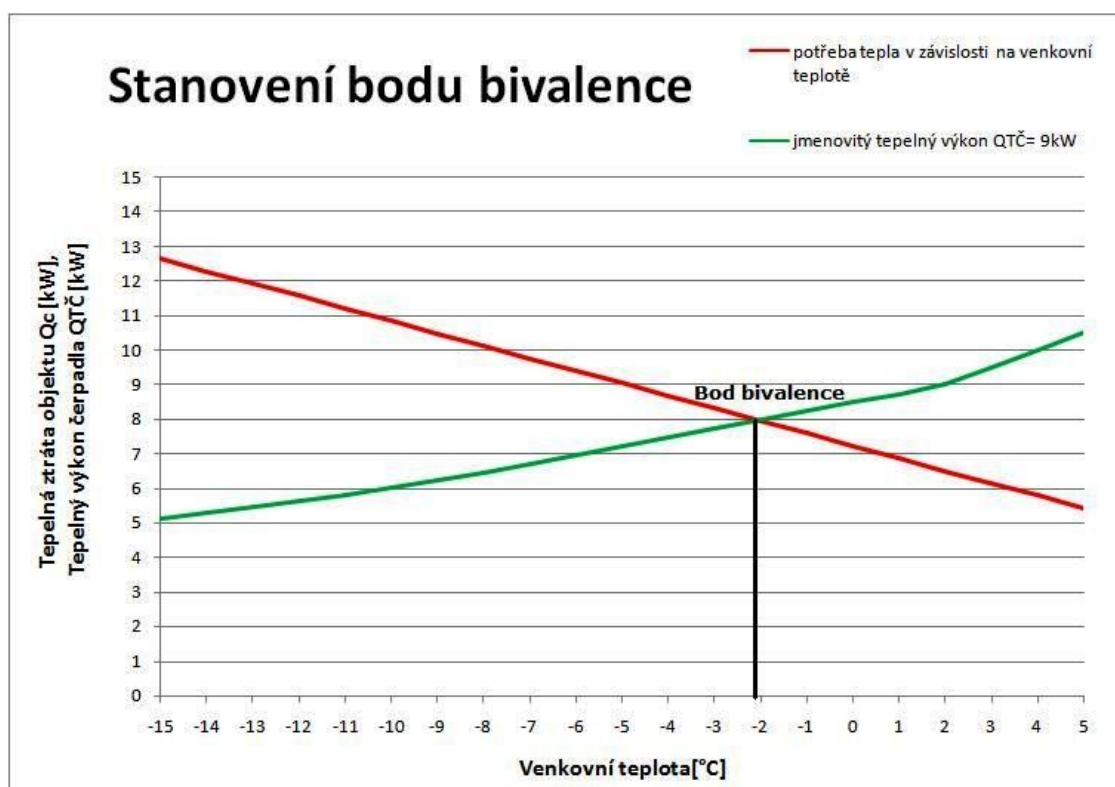
Tab. 6 Výkonové parametry tepelného čerpadla

Jmenovitý tepelný výkon $Q_{TČ}$ [kW]	9
Elektrický příkon $E_{TČ}$ [kW]	2,37
Výkonové číslo COP	3,8

4.2.3. Stanovení bodu bivalence a podílu pokrytí tepla tepelným čerpadlem

- Stanovení bodu bivalence navržených tepelných čerpadel**

U TČ typu vzduch/voda se stanovení bodu bivalence provádí na základě porovnání tepelných ztrát objektu a jmenovitém tepelném výkonu TČ v závislosti na venkovní teplotě.



Obr. 26 Stanovení bodu bivalence tepelného čerpadla Vitocal 300 – A

Bod bivalence TČ vzduch/voda Vitocal 300 – A je podle Obr. 26 stanoven -2°C.

- **Stanovení podílu pokrytí tepla tepelným čerpadlem Vitocal 300 – A.**

Stejně jako u varianty 1, určíme poměr pokrytí dodávky tepelné energie TČ a bivalentního zdroje, pomocí podílu výkonu $Q_{TČ}$ k tepelným ztrátám objektu Q_c a výsledné hodnoty pokrytí potřeby tepla odečteme z Obr. 26.

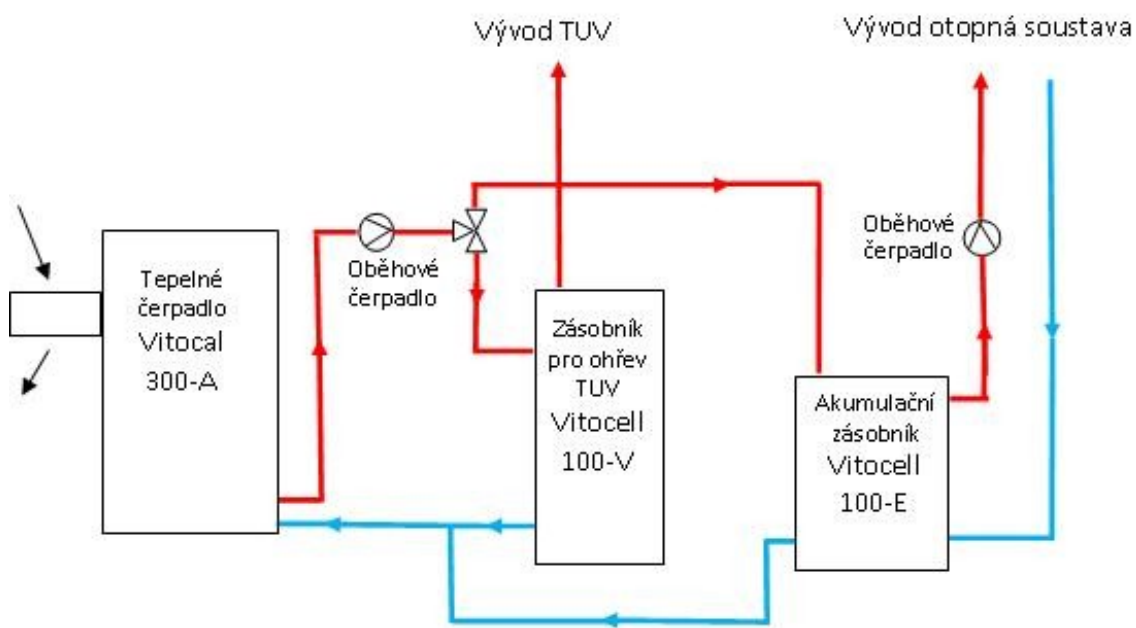
- Podíl výkonu $Q_{TČ}$ k tepelným ztrátám objektu Q_c :

$$P_{TČ,1} = \frac{Q_{TČ}}{Q_c} \cdot 100 = \frac{9}{12,66} \cdot 100 = 71,1 \% \quad (4.18)$$

Poměr na pokrytí potřeby tepelné energie dodané TČ a bivalentním zdrojem, je podle Tab. 4 a Obr. 21:

- Varianta 2 - TČ se pokrývá 93% spotřeby tepla, zbylých 7% dodává záložní zdroj elektrokotel.

4.2.4. Zapojení soustavy tepelného čerpadla



Obr. 27 Schéma zapojení tepelného čerpadla vzduch /voda, Vitocal 300-A

4.2.5. Roční náklady na vytápění a ohřev TUV

- Potřeba roční energie dodané elektrokotlem Q_{rEK} :

$$Q_{rEK,2} = \frac{Q_r \cdot 10}{100} = \frac{35600 \cdot 7}{100} = 2492 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (4.19)$$

- Potřeba roční energie dodané tepelným čerpadlem $Q_{rTČ}$:

$$Q_{rTČ,2} = \frac{Q_r - Q_{rEK,2}}{\varepsilon_{TČ}} = \frac{35600 - 2492}{3,8} = 8713 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (4.20)$$

- Potřeba celkové roční energie dodané tepelným čerpadlem $Q_{TČ}$ a elektrokotlem Q_{EK} :

$$Q_{rc,2} = Q_{rTČ,2} + Q_{rEK,2} = 2492 + 8713 = 11205 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (4.21)$$

Podle výše uvedených výpočtu jsou roční náklady na vytápění a ohřev TUV TČ Vitocal 300-A, pro variantu 2: 11205 kWh za rok.

4.3. Varianta 3 - Kotel na biomasu

4.3.1. Návrh kotle a skladových prostor na biomasu

Pro individuální vytápění rodinných domů kotli na biopaliva je nejvhodnější kusové dřevo nebo peletky. Analýzou místního trhu, jsem zjistil, že se prodejem peletek zabývá spousta firem v přijatelných cenách, proto navrhuji kotel na peletky společnosti ŽDB Group a.s., závodu topenářské techniky Viadrus, typ Woodpell 16kW. V případě prostor pro skladování, které by mělo v maximální míře pokrýt roční spotřebu paliva z důvodů vyšších cen v průběhu topné sezóny, je potřeba stanovit roční potřebu paliva.

Pro naše klimatické podmínky, kvalitu domácích paliv a účinnost zdrojů tepla lze s dostatečnou přesností stanovit, že roční potřeba peletek H_m je 520kg na 1 kW projektovaného výkonu zdroje Q_K .

- Stanovení roční potřeby peletek M_P :

$$M_P = Q_K \cdot H_m = 16 \cdot 0,52 = 8320 \text{ kg} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (4.22)$$

Stejně jako u stanovení roční potřeby paliva můžeme pro naše podmínky stanovit hodnotu roční potřeby skladového prostoru H_V . Pro peletky je $H_V 0,8 \text{ m}^3$ na 1 kW projektovaného výkonu zdroje Q_K .

- Velikost skladového prostoru V :

$$V = Q_K \cdot H_V = 16 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ m}^3 \quad (4.23)$$

Nejúspornější variantou je skladování ve vyspádovaných skladech, skladová místnost je vyspádována pod úhlem 35 až 40° do sběrného žlabu (viz. Obr. 28 b), ve kterém je umístěn vynášecí šnek šnekového dopravníku pelet. Pro tuto variantu stanovíme redukováný objem skladu V_R s prostorovou využitelností je do 70 %.

- Redukovaný objem skladu V_R :

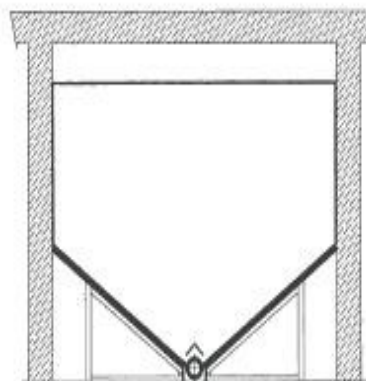
$$V_R = \frac{V \cdot 100}{70} = \frac{12,8 \cdot 100}{70} = 18,3 \text{ m}^3 \quad (4.24)$$

4.3.2. Popis navrženého kotle na peletky

Kotel Woodpell je určen k úspornému a ekologickému vytápění rodinných domů v automatickém režimu s minimálními nároky na obsluhu kotle. Palivo je do hořáku dopravováno samospádem, propojení se zásobníkem je realizováno ohebnou propadovou hadicí. Do spalovací komory ústí hořák uchycený na spodních dvířkách kotle, nad nímž je umístěna klenba usměrňující hoření a příznivě ovlivňující hodnoty emisí. Modulační automatický regulátor ovládá činnost kotle včetně automatického zapalování a umožňuje rovněž ruční režim ovládání kotle, což lze s výhodou využívat zejména při uvádění kotle do provozu.

Mezi přednostmi kotle patří:

- ekologický automatický provoz kotle zaručující komfort vytápění
- mechanický přísun paliva z libovolného zásobníku
- automatické zapalování
- jednoduchá, časově nenáročná obsluha a údržba
- vysoká účinnost dosahující 85%
- dlouhodobě otevřená konstrukce kotlového tělesa
- vysoká životnost litinového kotlového tělesa
- záruka na kotlové těleso 5 let
- hlídání teploty spalin



Obr. 28 a) Kotel na peletky Woodpell [21] b) Vypádovaný sklad na peletky [18]

- **Akumulační zásobník**

Obecně sice platí, že použitím akumulční nádrže s kotlem na tuhá paliva s vhodnou regulací lze docílit takřka stejného komfortu vytápění jako u spínaných zdrojů, ale navržený objem akumulční nádrže musí být tak velký, aby v sobě uchoval tepelnou energii pro vytápění na jeden až několik dní, aniž by bylo nutné přikládat, či kotel znovu roztápet. Při návrhu akumulční nádoby se obvykle počítá, 30 až 50 litrů na 1kW výkonu kotle, což je v případě kotle Woodpell cca 500 až 800 litrů.

Navrhují kombinovanou nádrž AkuCombi 800/200 od stejného výrobce jako kotel. Tato nádrž pro akumulaci tepla umožňuje připojení několika tepelných zdrojů. Hlavní částí akumulční nádoby je vnější nádrž o objemu 600 litrů, v níž se uchovávána horká topná voda a je zhotovena z černého ocelového plechu, kdežto vnitřní nádrž o objemu 200 litrů je určena k ohřevu TUV, je zhotovena z ocelového plechu potaženého vrstvou smaltu. Příruba přívodu studené vody z vodovodu a odvodu TUV a také připojení cirkulace se nacházejí v horní části akumulční nádoby v krytu příruby. Nádrže jsou vybaveny dvěma spirálami a systémem.

4.3.3. Roční náklady na vytápění a ohřev TUV

Při výpočtu spotřeby paliva vycházíme z celkové roční potřeba energie na vytápění a ohřev TUV Q_r , výhřevnosti paliva a účinnosti kotle. Výhřevnost peletek H se pohybuje okolo 18 MJ·kg⁻¹. Účinnost kotle η_K výrobce uvádí 85%.

- Spotřeba paliva M_P :

$$M_P = \frac{Q_r}{H \cdot \eta_K} \cdot 100 = \frac{128000}{18 \cdot 85} \cdot 100 = 8366 \text{ kg} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (4.25)$$

5. Ekonomické zhodnocení - návratnost investice daného systému vytápění a přípravy TUV

Pro ekonomické zhodnocení všech navržených variant je potřeba stanovit celkové náklady na systém vytápění a ohřev TUV. Celkové náklady se skládají z investičních nákladů N_i a ročních nákladů N_p na vytápění a ohřev TUV.

5.1. Určení provozních a investičních nákladů jednotlivých variant vytápění a přípravy TUV

Výpočet provozních nákladů N_p pro varianty 1 a 2 je proveden podle aktuálních cen na rok 2012, zvoleného dodavatele elektrické energie. Dodavatelem elektrické energie je ČEZ Prodej, s.r.o., produkt eTarif [17]. Cena elektrického vytápění TČ je vypočtena za předpokladu, že veškerý odběr pro otopný systém je realizován v nízkém tarifu. Ceny jsou uváděny s DPH. Výpočet provozních nákladů N_p pro variantu 3 je podle aktuální ceny za uvažovaný druh biomasy. Investiční náklady N_i jsou pouze orientační bez vypracování specifikace montáží a montážního materiálu.

5.1.1. Varianta 1 - Tepelné čerpadlo země /voda

- Investiční náklady N_i pro pořízení varianty 1A a 1B jsou uvedeny v Tab. 7.

Tab. 7 Investiční náklady TČ Vitocal 343-G pro variantu 1A a variantu 1B

Varianta	1A (7,9 kW)	1B (10,3 kW)
TČ Vitocal 343-G	268 000 Kč	281 000 Kč
Plošný kolektor (potrubí, náplň, izolace)	30 000 Kč	37 500 Kč
Montážní práce (bez výkopových prací pro plošný kolektor)	20 000 Kč	22 000 Kč
Montážní materiál	22 000 Kč	25 000 Kč
Doprava, zprovoznění, projektová dokumentace	15 000 Kč	15 000 Kč
Cena celkem (s DPH)	355 000 Kč	380 500 Kč

- Roční náklady na vytápění a ohřev TUV N_p pro varianty 1A a 1B:

$$N_{p,1A} = Q_{rc,1A} \cdot NT + J \cdot 12 = 10525 \cdot 2,61 + 242,4 \cdot 12 = 30379 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (5.1)$$

$$N_{p,1B} = Q_{rc,1B} \cdot NT + J \cdot 12 = 8538 \cdot 2,61 + 242,4 \cdot 12 = 25193 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (5.2)$$

kde: Q_{rc} je spotřeba elektrické energie dané varianty (kWh)

NT je cena za jednu kilowatthodinu (Kč)

J je stálá měsíční platba za hlavní domovní jistič (Kč)

5.1.2. Varianta 2 - Tepelné čerpadlo vzduch /voda

- Investiční náklady N_i pro pořízení varianty 2 jsou uvedeny v Tab. 8.

Tab. 8 Investiční náklady TČ Vitocal 300-A pro variantu 2

Varianta	2 (9 kW)
Sestava Vitocal 300-A	330 700 Kč
Zásobník pro ohřev TUV Vitocell 100-B – 300 l	součást sestavy
Akumulační nádrž Vitocell 100E – 200 l	součást sestavy
Montážní práce	12 000 Kč
Doprava, zprovoznění, projektová dokumentace	25 000 Kč
Cena celkem (s DPH)	367 700 Kč

- Roční náklady na vytápění a ohřev TUV N_p pro variantu 2:

$$N_{p,2} = Q_{rc,2} \cdot NT + J \cdot 12 = 11205 \cdot 2,61 + 230,4 \cdot 12 = 32010 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (5.3)$$

5.1.3. Varianta 3 – Kotel na biomasu (peletky)

- Investiční náklady N_i pro pořízení varianty 3 jsou uvedeny v Tab. 9.

Tab. 9 Investiční náklady kotle Woodpell pro variantu 3

Varianta	3 (16 kW)
Kotel na peletky Woodpell včetně zásobníku s hořákem	77 630 Kč
Kombinovaná nádrž AkuCombi 800/200	62 270 Kč
Montáž, zprovoznění, uvedení do provozu, dokumentace	40 000 Kč
Cena celkem (s DPH)	179 900 Kč

Cena dřevěných pelet n_p je 5,1 Kč·kg⁻¹, cena je stanovena na základě analýzy místního trhu.

- Roční náklady na vytápění a ohřev TUV N_p pro variantu 3:

$$N_{p,3} = M_p \cdot n_p = 8908 \cdot 5,2 = 45431 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (5.4)$$

5.2. Návratnost investice daného systému vytápění a přípravy TUV

Doba návratnosti investice je ekonomickým ukazatelem pro určení návratnosti systémů vytápění. Doba návratnosti investice budu porovnávat oproti přímotopnému vytápění elektřinou. Roční náklady tohoto vytápění N_p jsou 98 054 Kč·rok⁻¹. Vycházím z ročních provozních nákladů uvedených v Příloze 3 převzatých podle kalkulátoru TZB, při stejné spotřebě tepla jako u uvažovaného objektu [16]. Pro výpočet doby návratnosti investic je potřeba znát Cash Flow – tok hotovosti v daném roce v cenách daného roku. Je dán rozdílem roční úspora oproti přímotopnému vytápění elektřinou R a provozními výdaji NP v daném roce. U všech variant uvažujeme bezproblémový chod bez provozních výdajů $NP=0$ Kč. Ve výpočtu skutečné doby návratnosti investice T_s je ve výpočtech zahrnutá roční změnu nákladů d_s . Pro TČ i kotel na biomasu uvažujeme tuto změnu v optimistickém i pesimistickém případě 3%.

- Výpočet Cash Flow:

$$CF = R - NP \text{ [Kč]} \quad (5.5)$$

- Prosta doba návratnosti investice T_o :

$$T_o = \frac{N_i}{CF} \text{ [rok]} \quad (5.6)$$

- Skutečná doba návratnosti investice T_s :

$$T_s = \frac{\ln \frac{1}{1 - T_o \cdot d_s}}{\ln(1 + d_s)} \text{ [rok]} \quad (5.7)$$

Tab. 10 Vstupní a vypočtené hodnoty doby návratnosti investice všech variant vytápění

Variantá	1A	1B	2	3
Investiční náklady N_i [Kč]	355 000	380 000	367 700	179 900
Roční náklady na vytápění a ohřev TUV N_p [Kč·rok ⁻¹]	30 397	25 193	32 010	45 431
Roční úspora oproti přímotopnému vytápění elektřinou R [Kč·rok ⁻¹]	67 657	72 861	66 044	52 623
Cash Flow [Kč]	67 657	72 861	66 044	52 623
Prosta doba návratnosti investice T_o [rok]	5,25	5,21	5,57	3,42
Skutečná doba návratnosti investice T_s [rok]	5,79	5,74	6,18	3,66

Podle Tab. 10 je zřejmé, že nejkratší doba návratnosti investice v porovnání s přímotopným vytápěním elektřinou je v případě varianty 3 kotle na peletky.

5.3. Vyhodnocení navrhovaných variant podle multikriteriální analýzy

Pro závěrečné vyhodnocení všech variant, které je nejvhodnější pro vytápění a ohřev TUV uvažovaného objektu, si zvolíme jednu z metod multikriteriální analýzy. Pro vyhodnocení si zvolím kritéria, které můžeme aplikovat na všechny navržené varianty. Vyhodnocení bude provedeno pomocí softwarové aplikace MCA8, která byla vyvinuta na katedře elektroenergetiky, VŠB – TU Ostrava.

Softwarová aplikace MCA8 nabízí šest matematických metod MCA:

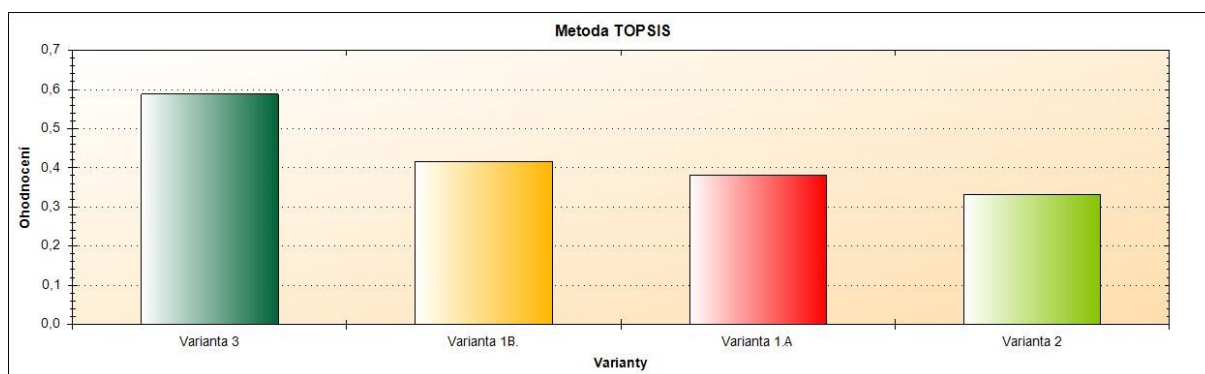
- Metoda váženého součtu - WSA
- Metoda ideálních bodů - IPA
- Metoda TOPSIS
- Metoda shody a neshody - CDA
- Metoda AGREPREF
- Metoda PROMETHEE

Z těchto metod jsem zvolil metodu TOPSIS. Tato metoda je založena na principu minimalizace vzdálenosti od ideální varianty. Ideální variantou se nazývá varianta, pro kterou všechny hodnoty kritérií dosahují nejlepších hodnot. Je variantou většinou hypotetickou. Jako nejlepší varianta je určena ta, která je podle určité metriky nejblíže k této ideální variantě a zároveň nejdále od nejhorší varianty.

Stanovení kritérií, vah kritérií a vyhodnocení jednotlivých variant metodou TOPSIS je v Tab. 11. Váhy kritérií jsem zvolil subjektivně, domnívám se, že dnes je velmi důležitá cena nejen investic ale také nákladů na vytápění, proto jsem zvolil nejvyšší váhu kritéria pro investiční náklady a roční náklady na vytápění 0,3. Životnost systému vytápění je pro mě důležitá méně z pohledu vývoje nových stále efektivnějších systémů vytápění. Nejnížší váhu kritérií jsem přiřadil komfortu a době návratnosti investice 0,1. Pro kritérium komfort jsem si podle vlastního uvážení zvolil stupnici 0-100.

Tab. 11 Stanovení kritérií a vyhodnocení jednotlivých variant

Kritéria	Investiční náklady N_i [Kč]	Roční náklady na vytápění a ohřev TUV N_p [Kč·rok ⁻¹]	Životnost [rok]	Komfort [-]	Doba návratnosti investic T_S [rok]	Vyhodnocení metodou TOPSIS
Váha kritérií	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	
Varianta 1A	355 000	30 397	25	100	5,79	0,381
Varianta 1B	380 000	25 193	25	100	5,74	0,416
Varianta 2	367 700	32 010	25	90	6,18	0,331
Varianta 3	179 900	45 431	15	50	3,66	0,588



Obr. 29 Vyhodnocení jednotlivých variant MCA metodou TOPSIS

Jak vyplývá z Tab. 11 a Obr. 29 je nejvhodnější variantou podle MCA metody TOPSIS pro vytápění a ohřev TUV zvoleného objektu varianta 3 kotel na peletky, dále následují varianty 1B a 1A TČ typu země/voda. Nejhorší variantou je varianta TČ typu vzduch/voda

6. Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo seznámit se s problematikou OZE vhodných pro vytápění a přípravu TUV v obytných domech. Při tvorbě diplomové práce jsem zjistil, že na našem trhu existuje mnoho společností, které se zabývají prodejem vytápěcích systémů včetně ohřevu TUV na bázi OZE. Myslím si, že nejlevnější návrh vytápění nemusí být nejekonomičtější a naopak návrh s nejvyššími investičními náklady nejefektivnější.

V diplomové práci je zpracována teoretická problematika OZE vhodných pro obytné budovy. Zaměřil jsem se na vytápění a ohřev TUV tepelnými čerpadly, biomasou a solární energií. Jednotlivé OZE jsou rozděleny a popsány jednoduchým způsobem. V této části jsem se také zabýval legislativou a možnostmi získání státních dotací. V současné době se však nepřijímají nové žádosti v programu Zelená úsporám, proto předpokládám, že zájem o tento typ vytápění bude klesat.

V praktické části navrhuji několik variant na vytápění a ohřev TUV zvoleného objektu. Na základě výpočtu tepelných ztrát objektu pomocí softwarové aplikace TechCON jsem vypočetl potřeby tepla pro jeho vytápění a přípravu TUV, které činí 12,66 kW. Následně jsem zpracoval možnosti vytápění a ohřevu TUV tepelným čerpadlem typu země/voda a vzduch/voda a kotlem na pevná paliva.

V ekonomickém zhodnocení při stanovení doby návratnosti investice, jsem porovnával navržené varianty na bázi OZE s ročními náklady elektrického přímotopného vytápění, které jsem vypočetl pomocí kalkulátoru na webových stránkách TZB. Pomocí tohoto porovnání bylo možné vyhodnotit, že kotel na dřevěné peletky se ekonomicky vyplatí za 3,66 let ve srovnání elektrickým přímotopným vytápěním.

Multikriteriální analýzou pomocí metody TOPSIS jsem stanovil, že nejvhodnější variantou vytápění a ohřevu TUV je kotel na dřevěné peletky. Hodnotícími kritérii jsou investiční náklady, náklady na vytápění, životnost, doba návratnosti investice a v neposlední řadě komfort, který dnes patří mezi základní požadavky investorů. Vstupní data, zejména důležitosti váhy kritérií, jsou hodně subjektivní záležitostí, takže i výsledky je třeba brát "s rezervou".

Domnívám se lidé budou volit v současné době kotle na biomasu, protože jejich investiční náklady oproti minulým rokům jsou nižší než u TČ, z důvodů pozastavených státních dotací.

Seznam literatury a internetových zdrojů

- [1]< <http://www.mpo.cz/cz/energetika-a-suroviny/energeticka-legislativa//> >ze dne 11. 12. 2011
- [2]< <http://www.mojeenergie.cz/cz/zakon-c-180-2005-sb//> >ze dne 11. 12. 2011
- [3]< <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-180-2005-sb-a-souvisejici-predpisy//> >ze dne 11. 12. 2011
- [4]< <http://www.tzb-info.cz/8364-narodni-akcni-plan-ceske-republiky-pro-energii-z-obnovitelnych-zdroju//> >ze dne 5. 4. 2012
- [5]< <http://www.zelenausporam.cz/sekce/193/aktuality//> >ze dne 5. 4. 2012
- [6]< [http://www.zelenausporam.cz/vyplacene-dotace/?ranges=all&date_from=&date_to=&series\[\]=c](http://www.zelenausporam.cz/vyplacene-dotace/?ranges=all&date_from=&date_to=&series[]=c) >ze dne 5. 4. 2012
- [7]< <http://gnosis9.net/view.php?cislocclanku=2006110006//> >ze dne 5. 4. 2012
- [8]< <http://www.levne-topeni.net/daikin-altherma/flexibilni-konfigurace//> >ze dne 22. 3. 2012
- [9]<http://www.viessmann.cz/cs/rodinny_dum_dvougeneracni_rodinny_dum/produkty/Waermepumpen.html> >ze dne 15. 4. 2012
- [10]< http://www.abeceda-cerpadel.cz/?page=cz_id_spravne_zapojeni&sprava=edit >ze dne 19. 3. 2011
- [11]< http://cs.wikipedia.org/wiki/Ekvitermní_regulace >ze dne 19. 3. 2011
- [12]< <http://www.trubicove-kolektory.cz/mapa.html//> >ze dne 10. 4. 2012
- [13]< Srdečný, Karel; Truxa, Jan. *Tepelná čerpadla*. 1. vyd. Brno: ERA, 2005. ISBN:80-7366-031-8
- [14]< <http://www.precis-mp.cz/Produkt/rodinny-dum-klara-4//> >ze dne 8. 2. 2012
- [15]< <http://www.mpo.cz/dokument91279.html//> >ze dne 14. 4. 2012
- [16]< <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/269-porovnani-nakladu-na-vytapeni-podle-druhu-paliva//> >ze dne 21. 4. 2012
- [17]< <http://www.cez.cz/cs/pro-zakazniky/elektrina/ceny/2012/domacnost/etarif.html//> >ze dne 2. 4. 2012
- [18]< <http://www.tzb-info.cz/5117-kotelny-s-kotli-na-drevo-a-pelety//> >ze dne 22. 4. 2012
- [19]< <http://www.gerotop.cz/cs/sluzby/clanky-o-tc/instalace-plosneho-kolektoru//> >ze dne 20. 4. 2012
- [20]< <http://www.krbydvorak.cz/news/spalovani-dreva//> >ze dne 13. 3. 2012
- [21]<[http://www.viadrus.cz/web/structure/automaticky-provoz69.html?do\[loadData\]=1&itemKey=cz_3//](http://www.viadrus.cz/web/structure/automaticky-provoz69.html?do[loadData]=1&itemKey=cz_3//)> >ze dne 15. 4. 2012
- [22]< <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapeni-a-ohrev-teple-vody//> >ze dne 10. 3. 2012
- [23]< <http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/tepelna-cerpadla.html> >ze dne 8. 3. 2012
- [24]< <http://www.i-ekis.cz//> >ze dne 11. 12. 2011
- [25]<<http://solarni-ohrev.arsolar.cz/solarni-kolektory.htm//>> >ze dne 2. 3. 2012
- [26]< <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/obsah.html//> >ze dne 27. 2. 2012

Seznam obrázků

Obr. 1 Vyplacené dotace v programu Zelená úsporám v oblasti podpory vytápění OZE [6]	5
Obr. 2 Funkční schéma tepelného čerpadla [23]	6
Obr. 3 Potenciál využití geotermální energie v ČR [7]	8
Obr. 4 Tepelné čerpadlo půdní kolektor-voda [9]	9
Obr. 5 Tepelné čerpadlo hlubinný vrt-voda [9]	9
Obr. 6 Tepelné čerpadlo venkovní vzduch/voda [9]	10
Obr. 7 Tepelné čerpadlo podzemní voda-voda [9]	11
Obr. 8 Princip funkce kompresoru SCROLL	12
Obr. 9 Graf a schéma tepelného čerpadla v bivalentním provozu [8]	14
Obr. 10 Graf a schéma tepelného čerpadla v monovalentním provozu [8]	15
Obr. 11 Graf a schéma tepelného čerpadla v monoenergetickém provozu [8]	15
Obr. 12 Správné zapojení tepelného čerpadla [10]	16
Obr. 13 Ekvitermní křivky pro různé teploty v jedné místnosti [11]	17
Obr. 14 Dřevní brikety a peletky	20
Obr. 15 Závislosti výhřevnosti biomasy na obsahu vody [20]	21
Obr. 16 Mapa ročního úhrnu průměrného slunečního záření na území ČR ($\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$) [12]	23
Obr. 17 Zjednodušená schémata zapojení slunečního kolektoru	25
Obr. 18 a) Solární kolektor – plochý b) Solární kolektor – vakuový trubicový	27
Obr. 19 Novostavba uvažovaného rodinného domu [14]	29
Obr. 20 TČ země /voda, Vitocal 343-G [9]	35
Obr. 21 Stanovení bodu bivalence tepelného čerpadla Vitocal 343-G	36
Obr. 22 Krytí potřeby tepla při různých výkonech tepelných čerpadel	37
Obr. 23 a) Klasické uložení potrubí plošného kolektoru [19] b) trubka HDPE 40x3,7mm pro plošný kolektor c) rozdělovač-sběrač primárního okruhu	39
Obr. 24 Schéma zapojení tepelného čerpadla země /voda, Vitocal 343-G	40
Obr. 25 TČ vzduch /voda, Vitocal 300 – A [9]	42
Obr. 26 Stanovení bodu bivalence tepelného čerpadla Vitocal 300 – A	43
Obr. 27 Schéma zapojení tepelného čerpadla vzduch /voda, Vitocal 300-A	44
Obr. 28 a) Kotel na peletky Woodpell [21] b) Vyspádovaný sklad na peletky [18]	47
Obr. 29 Vyhodnocení jednotlivých variant MCA metodou TOPSIS	52

Seznam tabulek

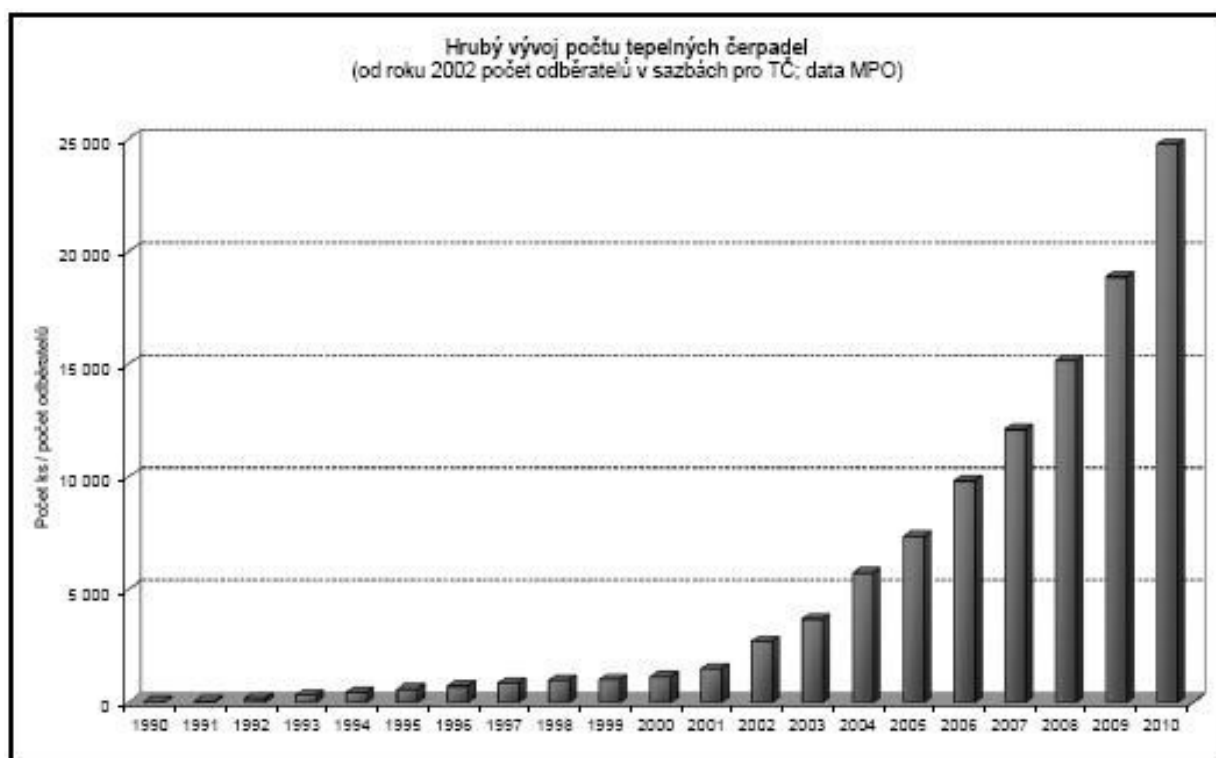
Tab. 1 Výstupní hodnoty tepelných ztrát objektu z programu TECHcon	30
Tab. 2 Součinitel dimenzování pro zohlednění doby	34
Tab. 3 Výkonové parametry tepelného čerpadla	36
Tab. 4. Krytí potřeby tepla při různých výkonech tepelných čerpadel [13]	37
Tab. 5 Typické hodnoty měrných tepelných toků pro zemní kolektory [13]	38
Tab. 6 Výkonové parametry tepelného čerpadla	43
Tab. 7 Investiční náklady TČ Vitocal 343-G pro variantu 1A a variantu 1B	48
Tab. 8 Investiční náklady TČ Vitocal 300-A pro variantu 2	49

Tab. 9 Investiční náklady kotle Woodpell pro variantu 3	49
Tab. 10 Vstupní a vypočtené hodnoty doby návratnosti investice všech variant vytápění	50
Tab. 11 Stanovení kritérií a vyhodnocení jednotlivých variant.....	52

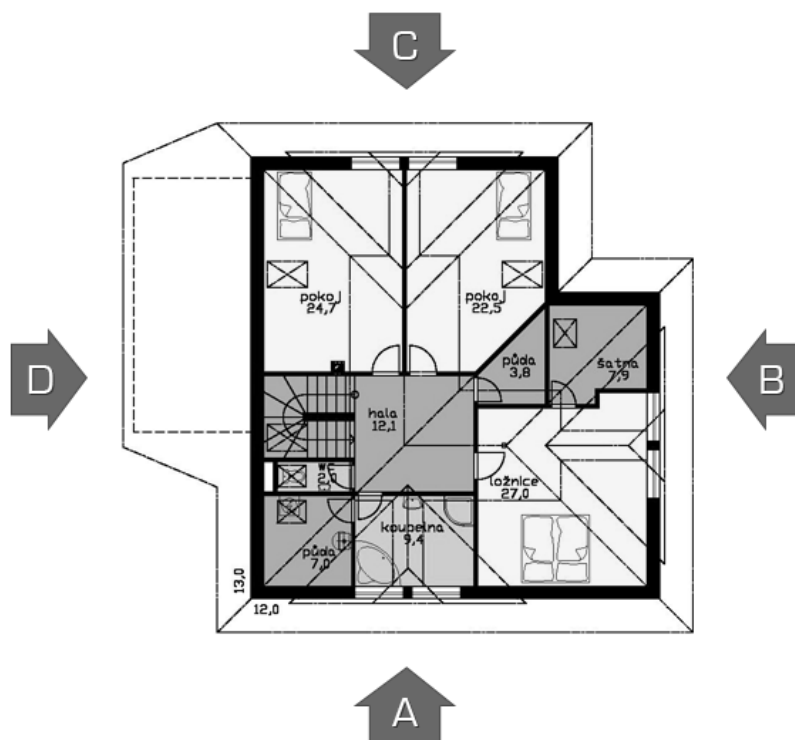
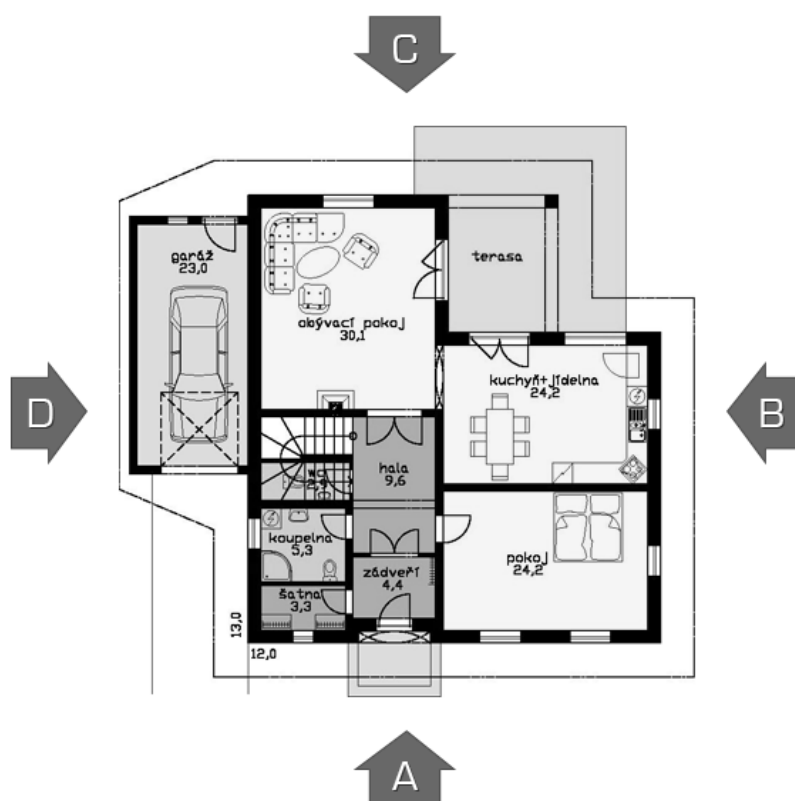
Seznam příloh

Příloha 1 Hrubý vývoj počtu tepelných čerpadel [15]	I
Příloha 2 Půdorysy podlaží zvoleného objektu [14]	II
Příloha 3 Náklady na vytápění při výpočtové spotřebě tepla 128 GJ různými druhy paliva [16]	III
Příloha 4 Technické parametry tepelného čerpadla Vitocal 343 - G [9].....	IV
Příloha 5 Technické parametry tepelného čerpadla Vitocal 300 - A [9].....	VI
Příloha 6 Technické parametry automatického kotle na pelety Woodpell [21].....	VIII

Příloha 1 Hrubý vývoj počtu tepelných čerpadel [15]



Příloha 2 Půdorysy podlaží zvoleného objektu [14]



Příloha 3 Náklady na vytápění při výpočtové spotřebě tepla 128 GJ různými druhy paliva [16]

Náklady na vytápění Výpočtová spotřeba tepla = 128 GJ					
Druh paliva (Výhřevnost) (Volba tarifu)	Cena paliva v Kč	Spalovací zařízení (Průměrná účinnost v %) <input type="checkbox"/> zadat vlastní účinnost	Cena tepla <input type="radio"/> Kč/GJ <input checked="" type="radio"/> Kč/kWh	Spotřeba paliva / rok	Náklady na vytápění Kč / rok
Hnědé uhlí (18 MJ/kg) <small>cený a dodavatelé</small>	3,55 /kg	Klasický kotel na uhlí (55%)	1,29	12929 kg	45899,-
Černé uhlí (23,1 MJ/kg) <small>cený a dodavatelé</small>	5,10 /kg	Klasický kotel na uhlí (55%)	1,45	10075 kg	51381,-
Koks (27,5 MJ/kg)	8,50 /kg	Klasický kotel na koks (82%)	1,79	7507 kg	63812,-
Dřevo (14,6 MJ/kg)	3,00 /kg	Kotel na zplynování dřeva (75%)	0,99	11689 kg	35068,-
Dřevěné brikety (17,0 MJ/kg)	4,80 /kg	Kotel na zplynování dřeva (75%)	1,36	10039 kg	48188,-
Dřevěné pelety (17,0 MJ/kg) <small>cený</small>	5,20 /kg	Kotel na dřevěné pelety (85%)	1,3	8858 kg	46062,-
Štěpka (12,5 MJ/kg)	2,50 /kg	Kotel na štěpku (80%)	0,9	12800 kg	32000,-
Rostlinné pelety (16 MJ/kg)	3,85 /kg	Kotel na rostlinné pelety (90%)	0,91	8889 kg	32444,-
Obilí (18 MJ/kg)	3,20 /kg	Automatický kotel (85%)	0,75	8366 kg	26771,-
Zemní plyn (spalné teplo 37,82 MJ/m³) <small>cený</small> Dodavatel: Severomoravská plynárenská, a.s. <input type="checkbox"/> Spotřeba plynu: 20000 - 25000 kWh <input type="checkbox"/> /rok	1,53511 /kWh vztahena ke spalnému teplu ??? 16,13 Kč/m³ + 291,82 Kč/měsíc	Kotel běžný (89%) účinnost je vztahena k výhřevnosti ZP ???	2,01	44354 kWh 4224 m³	71620,-
Propan (46,4 MJ/kg) <small>cený a dodavatelé</small>	28 /kg	Kotel běžný (89%)	2,44	3100 kg	86788,-
Lehký topný olej ELTO (42 MJ/kg) <small>cený</small>	28 /kg	Kotel na lehký topný olej (89%)	2,7	3424 kg	95880,-
Elektřina akumulace <small>cený a tarif ???</small> D28d jistič nad 3x25 A do 3x32 A <input type="checkbox"/>	417,6 Kč/měsíc + NT: 2,07619 /kWh	S akumulační nádrží (93%)	2,37	38232 kWh	84387,-
Elektřina přímotop <small>cený a tarif ???</small> D45d jistič nad 3x10 A do 3x16 A <input type="checkbox"/>	290,4 Kč/měsíc + NT: 2,80659 /kWh	Přímotopné panely (98%)	2,76	36281 kWh	98054,-
Tepelné čerpadlo <small>cený a tarif ???</small> D56d jistič nad 3x10 A do 3x16 A <input type="checkbox"/>	290,4 Kč/měsíc + NT: 2,80779 /kWh	Průměrný roční topný faktor: 4,6	0,66	7729 kWh	23641,-
Centrální zásobování teplem <small>cený</small>	400 /GJ ???	účinnost (98%)	1,47	131 GJ	52245,-

Příloha 4 Technické parametry tepelného čerpadla Vitocal 343 - G [9]

Technické údaje

Vitocal 343-G, 400 V-přístroje	Typ	BWT 106	BWT 108	BWT 110
Výkonové údaje topení při teplotním rozpětí 5 K (podle EN 14511, B0/W35 °C)				
Jmenovitý tepelný výkon	kW	5,9	7,9	10,3
Chladicí výkon	kW	4,7	6,3	8,3
Elektrický příkon	kW	1,28	1,71	2,19
Koeficient výkonu ϵ (COP)		4,6	4,6	4,7
Výkonové údaje topení při teplotním rozpětí 10 K (B0/W35 °C)				
Jmenovitý tepelný výkon	kW	6,2	8,1	10,5
Chladicí výkon	kW	5,0	6,7	8,5
Elektrický příkon	kW	1,27	1,53	2,12
Koeficient výkonu ϵ (COP) topení		4,9	5,3	4,9
Primární okruh (solanka)				
Objem	l	3,3	3,9	4,6
Min. objemový tok při teplotním rozdílu 5 K (bezpodmínečně dodržte)	l/hod	860	1160	1520
Max. externí tlaková ztráta (RFH) při min. objemovém toku	mbar	610	620	580
Max. vstupní teplota	°C	25	25	25
Min. vstupní teplota	°C	-5	-5	-5
Sekundární okruh (topná voda)				
Objem, tepelné čerpadlo	l	3,5	3,8	4,2
Objem celkem	l	6,4	6,7	7,1
Min. objemový tok při teplotním rozdílu 10 K (bezpodmínečně dodržte)	l/hod	540 ^{*1}	710	920
Max. externí tlaková ztráta (RFH) při min. objemovém toku	mbar	600	620	610
Max. výstupní teplota	°C	60	60	60
Solární okruh				
Objem	l	7,2	7,2	7,2
Průtokový ohřívač topné vody				
Tepelný výkon	kW	9,0 (3-stupňový: 3/6/9)		
Jmenovité napětí		3/N/PE 400 V/50 Hz		
Jištění		3× B16A 1-pólový		
Elektrické parametry tepelného čerpadla				
Jmenovité napětí kompresoru		3/PE 400 V/50 Hz		
Jmenovitý proud kompresoru	A	5,5	6,0	8,0
Náběhový proud kompresoru	A	25,0	14,0 ^{*3}	20,0 ^{*3}
Náběhový proud kompresoru (s blokováním rotorem)	A	26,0	35,0	48,0
Jištění kompresoru	A	1 × C 16A -3-pólový	1 × Z 16A -3-pólový	1 × Z 16A -3-pólový
Jmenovité napětí regulace/elektronika		1/N/PE 230 V/50 Hz		
Jištění regulace/elektroniky (interní)		T 6,3 A / 250 V		
Elektrický příkon				
– Primární čerpadlo (vysoce efektivní)	W	10-70		
– Sekundární čerpadlo (vysoce efektivní)	W	3-70		
– Nabíjecí čerpadlo zásobníku (PWM)	W	31-88		
Max. příkon regulace	W	1000	1000	1000
Jmenovitý výkon regulace/elektroniky	W	5	5	5
Druh krytí		IP 20	IP 20	IP 20
Chladicí okruh				
Pracovní médium		R410A	R410A	R410A
Plnicí množství	kg	2,2	2,5	2,7
Kompresor	typ	Plně hermetický Scroll		
Připust. provozní tlak chladicího okruhu, vysoký tlak	bar	43	43	43
Připust. provozní tlak chladicího okruhu, nízký tlak	bar	28	28	28
Rozměry				
– Celková délka	mm	680	680	680
– Celková šířka	mm	600	600	600
– Celková výška	mm	2075	2075	2075
Celková hmotnost	kg	260	260	266
Připust. provozní tlak				
Primární okruh (solanka)	bar	3,0	3,0	3,0
Sekundární okruh (topná voda)	bar	3,0	3,0	3,0
Pitná voda	bar	10,0	10,0	10,0
Solární okruh	bar	6,0	6,0	6,0

*1 600 l/h s průtokovým ohřívačem topné vody

*3 S celovlnným softstartérem

Vitocal 343-G, 400 V-přístroje	Typ	BWT 106	BWT 108	BWT 110
Připojky				
Primární přívod a vratná větev (nemrzoucí směs)	mm	Cu 28 x 1		
Přívodní a vratná větev topení	mm	Cu 28 x 1		
Studená voda, teplá voda	R _p	¾		
Cirkulace pitné vody	G	1		
Vstup a výstup topné vody solárního zařízení		Viessmann ochranná trubka DN20 multikonektorový systém		
Zásobníkový ohřívač vody				
Objem	l	220	220	220
Trvalý výkon teplé vody při ohřevu pitné vody z 10 na 60 °C (B2/W55 °C)	l/hod	241	275	309
Koeficient výkonu teplé vody N _t podle DIN 4708		1,5	1,5	1,5
Max. odběrné množství při uvedeném výkonovém čísle teplé vody N _t a ohřevu pitné vody z 10 na 45 °C	l/min	16,8	16,8	17,3
Max. kolektorová plocha při směřování na jih:	m ²	5 / 3	5 / 3	5 / 3
Plochý kolektor/trubkový kolektor				
Povolená teplota teplé vody v zásobníkovém ohřívači vody	°C	95	95	95
Hladina akustického výkonu (při B0/W35 °C)	dB	46	46	46

Příloha 5 Technické parametry tepelného čerpadla Vitocal 300 - A [9]

Technické údaje

Vitocal 300-A, 400 V-přístroje	Typ	AWC-I	AW-O	AW-O (Silent)
Výkonové údaje topení při 100 % podle EN 14511 (A2/W35 °C, teplotní rozpětí 5 K)				
Jmenovitý tepelný výkon	kW		9,0	
Elektrický příkon	kW		2,37	
Koeficient výkonu ϵ (COP)			3,8	
Regulace výkonu	kW		3 až 9,0	
Výkonové údaje topení při 100 % podle EN 255 (A2/W35 °C, teplotní rozpětí 10 K)				
Jmenovitý tepelný výkon	kW		9,4	
Elektrický příkon	kW		2,33	
Koeficient výkonu ϵ (COP)			4,0	
Regulace výkonu	kW		3 až 9,4	
Výkonové údaje chlazení při 100 % podle EN 14511 (A27/W7 °C, teplotní rozpětí 5 K)				
Jmenovitý chladicí výkon	kW		8,6	
Elektrický příkon	kW		2,76	
Výkonové číslo EER			3,12	
Regulace výkonu	kW		3 až 8,6	
Výkonové údaje chlazení při 100 % podle EN 14511 (A35/W18 °C, teplotní rozpětí 5 K)				
Jmenovitý chladicí výkon	kW		9,4	
Elektrický příkon	kW		3,43	
Výkonové číslo EER			2,74	
Regulace výkonu	kW		3 až 9,4	
Primární okruh (vzduch)				
Výkon ventilátoru	W		30 až 180	
Množství vzduchu	m³/h		3300	
Max. přípust. tlaková ztráta (na straně přívodu a odvodu vzduchu)	Pa	32	—	—
Min. teplota vzduchu	°C		-20	
Max. teplota vzduchu	°C		35	
Podíl doby odtávání na době chodu	%		3 až 5	
Sekundární okruh (topná voda)				
Objem	litrů		3,5	
Min. objemový tok (bezpodmínečně dodržte)	l/h		1550	
Průtokový odpor (s připojovacím potrubím, součást dodávky)	mbar		50	
Max. výstupní teplota (při teplotním rozpětí 5 K)				
– při nasávací teplotě -20 °C	°C		35	
– při nasávací teplotě -5 °C	°C		50	
Elektrické parametry tepelného čerpadla				
Jmenovité napětí			3/N/PE 400 V/50 Hz	
Max. jmenovitý proud	A		6,9	
Náběhový proud (s elektronickým omezením)	A		14,0	
Náběhový proud (při blokováném rotoru)	A		46,0	
Jištění	A		3 x Z 16	
Jištění ventilátoru			T 6,3 A H	
Druh krytí		IP 21	IP 24	IP 24
Jmenovité napětí - řídicí proudový obvod			230 V/50 Hz	
Jištění řídicího proudového obvodu			T 6,3 A H	
Chladicí okruh				
Pracovní médium			R 407 C	
Plnicí množství	kg		5,2	
Kompresor	typ		Digitální Scroll, plně hermetický, s bypassem	
Rozměry				
Celková délka	mm	780	790	1020
Celková šířka	mm	875	885	1363
Celková výška	mm	1835	1835	1835
Přípust. provozní tlak	bar		3	
Připojky				
Výstup a vratná větev topení	R	1½	1½	1½
Hadice kondenzátu (vnitřní/vnější Ø)	mm		25/32	
Hmotnosti				
Celková hmotnost	kg	255	245	275

Akustické parametry

Vitocal 300-A	Typ	AWC-I (při instalaci v rohu, viz strana 55)		AW-O	
		v kotelně	vnější	bez izolační protihlukové sady	s izolační protihlukovou sadou (verze Silent)
Hladina akustického výkonu					
Vyhodnocená součtová úroveň hladiny hluku při A 12 °C (±3 K)/W 55 °C (±5 K)					
– při tepelném výkonu 80 až 100 %	dB(A)	52	62	64	59
– při tepelném výkonu 50 až 79 %	dB(A)	51	58	59	56
– při tepelném výkonu 30 až 49 %	dB(A)	50	57	55	51

Upozornění

Měření součtové úrovně hladiny hluku na základě DIN EN ISO 12102 /
DIN EN ISO 9614-2, třída přesnosti 2

Příloha 6 Technické parametry automatického kotle na pelety Woodpell [21]

Woodpell		5 článků	7 článků
Jmenovitý výkon	kW	16	25
Regulovatelný výkon	kW	5,8 – 16	7,8 – 25
Spotřeba paliva (výhřevnost cca 17,189 MJ.kg ⁻¹)	kg. h ⁻¹	1,46 – 4,03	1,96 – 6,29
Výkon v režimu „útlum“	kW	1,5	
Spotřeba paliva v režimu „útlum“	kg. h ⁻¹	0,37	
Účinnost	%	85	84,9
Teplota spalin	°C	max. 175	max. 205
Třída kotle dle ČSN EN 303-5		3	3
Hmotnost	kg	358	433
Obsah vodního prostoru	dm ³	40,9	50,3
Průměr kouřového hrdla	mm	160	
Kapacita dodávaného zásobníku paliva	dm ³	725	
	kg	470	
Doba hoření při jmenovitém výkonu	h	115	72
Doba hoření při minimálním výkonu	h	398	286,5
Rozměry kotle: šířka x výška x hloubka	mm	545 x 1047 x 1091	545 x 1047 x 1283
Rozměry kotle vč. zásobníku paliva: šířka x výška x hloubka	mm	1820 x 1407 x 1475	
Maximální pracovní přetlak vody	kPa	400	
Zkušební přetlak vody	kPa	800	
Minimální teplota topné vody	°C	50	
Maximální teplota topné vody	°C	80	
Minimální teplota vratné vody*	°C	40	
Komínový tah	Pa	15 – 25	20 – 30
Hmotnostní průtok spalin na výstupu:			
- při jmenovitém výkonu	kg. s ⁻¹	0,017	0,032
- při minimálním výkonu	kg. s ⁻¹	0,011	0,020
Přípojky kotle - topná voda	Js	2 "	
- vratná voda	Js	2 "	
Připojovací napětí		1 PEN ~ 50 Hz 230 V TN - S	
Maximální elektrický příkon	W	39	
Elektrické krytí ovládací skřínky s regulátorem		IP 40	

* Při dodržení minimální teploty topné vody